

20 | **FCT** Fundação
anos para a Ciência
e a Tecnologia



AGENDA TEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO

ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Versão em fase de pré-finalização

20 Dezembro 2019

agendas temáticas
investigação & inovação

AGENDA TEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO

ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

PERITOS

Coordenação do Processo de Redação

Tiago Capela Lourenço, Centro de Ecologia, Evolução e Alterações Ambientais (cE3c), Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL)

Redatores

Painel Científico da Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAAC 2020)

Alexandre Oliveira Tavares, Universidade de Coimbra (FCTUC e CES)

Anabela Carvalho, Universidade do Minho (DCC/ICS e CECS)

António Lemonde Macedo, Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Clemente Pedro Nunes, Universidade de Lisboa (IST) e CERENA – Vice-Presidente do Painel Científico da ENAAAC 2020

Filipe Duarte Santos, Universidade de Lisboa (FCUL) - Presidente do Painel Científico da ENAAAC 2020

Henrique Queiroga, Universidade de Aveiro (CESAM)

Isabel Mendes, Universidade de Lisboa (ISEG e CSG/SOCIUS)

Isabel Trigo, Instituto Português do Mar e da Atmosfera, Instituto Dom Luiz (IDL)

João Ferrão, Universidade de Lisboa (ICS-ULisboa)

Maria José Vasconcelos, Universidade de Lisboa (ISA)

Maria Sofia Núncio, Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge

Rafaela Matos, Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Rui Taborda, Universidade de Lisboa (FCUL, Instituto Dom Luiz)

Peritos colaboradores (Painel Científico da ENAAAC 2020)

Helena Almeida, Universidade de Lisboa (ISA)

João Ferreira do Amaral, Universidade de Lisboa (ISEG)

Margarida Santos Reis, Universidade de Lisboa (FCUL)

Miguel Araújo, Universidade de Évora

Rodrigo Proença de Oliveira, Universidade de Lisboa (IST) e CERIS

Teresa Pinto Correia, Universidade de Évora

Peritos colaboradores (Outros contributos)

Ana Delicado, Universidade de Lisboa (ICS-ULisboa)

Carlos Borrego, Universidade de Aveiro (CESAM)

Elisabete Arsénio, Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Francisco Gomes da Silva, Instituto Superior de Agronomia

Hugo Pires Costa, Universidade de Lisboa (FCUL)

João Mourato, Universidade de Lisboa (ICS-ULisboa)

José Azevedo, Universidade do Porto (FLUP)

José Manuel Moutinho Pereira, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (CITAB)

Luísa Schmidt, Universidade de Lisboa (ICS-ULisboa)

Rui Rodrigues, Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Sandra Rafael, Universidade de Aveiro (CESAM)

Suraje Dessai, University of Leeds (School of Earth and Environment)

Vicente Sousa, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (CITAB)

Agradecimentos especiais

Contributos setoriais:

Ana Goulart, Secretaria Regional de Ambiente da Região Autónoma dos Açores

Ana Paiva Brandão, União da Floresta Mediterrânica (UNAC)

António Oliveira, Agência para a Competitividade e Inovação (IAPMEI)

Carla Martins, Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG)

Clara Lopes, Gabinete de Planeamento, Políticas e Administração Geral (GPP) do MAFDR

Fernanda Gomes, Agência Portuguesa do Ambiente (APA) Departamento Recursos Hídricos

João Daniel Andrade Gomes Luís, Região Autónoma da Madeira

Miguel Vaz, Direção Geral das Atividades Económicas

Patrícia Pires, Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC)

Teresa Álvares, Agência Portuguesa do Ambiente (APA) Departamento do Litoral e Proteção Costeira

Teresa Paço, Universidade de Lisboa (ISA)

Contributos recebidos no âmbito e após o *Workshop* realizado em 26 de março de 2019:

Amélia Frazão-Moreira, Paulo Mendes, Centro em Rede de Investigação em Antropologia (CRIA)

Carla Maria Gomes, Universidade de Lisboa (ICS-ULisboa)

Carlos Borrego, Universidade de Aveiro (UA)

Cristina Marques, Raiz, Direção de Investigação e Consultoria Florestal

Fátima Abrantes, Filipa Naughton, Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA)

João Castro Gomes, Universidade de Beira Interior (UBI)

Júlia Seixas, Universidade Nova de Lisboa (UNL)

Maria Maia, Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT)

Paula Castro, Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE)

Pedro Matos Soares, Instituto Dom Luiz (IDL)

Ricardo Santos, Osvaldo Santos, Joana Costa, Ana Virgolino, Rodrigo Santos, Instituto de Saúde Ambiental, Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa

Rui Godinho, Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas (**APDA**)

Equipa Técnica da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT)

Vanja Karadzic (Coordenadora), Margarida Prado, Daniel Carapau, Anabela Carvalho com a colaboração de Isabel Reis no mapeamento de financiamentos

Equipa Técnica da Agência Portuguesa do Ambiente (APA)

José Paulino (Coordenador), Pedro Baptista, Maria João Santos, Ana Daam, Joana Veloso

Coordenação Geral das Agendas Temáticas de Investigação e Inovação (FCT)

José Bonfim, Tiago Santos Pereira

Citação recomendada: *[A ser introduzida]*

ÍNDICE

NOTA INTRODUTÓRIA	7
SUMÁRIO EXECUTIVO.....	8
EXECUTIVE SUMMARY.....	10
PARTE I - VISÃO E DESAFIOS	12
CAPÍTULO 1 – VISÃO E DESAFIOS PARA 2030	13
1.1 Visão em Portugal até 2030	13
1.2 A importância do tema para Portugal	14
1.3 Os grandes desafios para o desenvolvimento do tema das Alterações Climáticas em Portugal .	16
CAPÍTULO 2 – INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO NO TEMA DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM PORTUGAL E NO MUNDO	20
2.1 Estado da Arte: os desenvolvimentos dos últimos dez anos	20
2.2 Estratégias Internacionais de Investigação e Inovação	21
2.3 A Investigação e Inovação em Portugal nos últimos dez anos.	27
2.4 Diagnóstico do tema em Portugal	30
CAPÍTULO 3 – AS POLÍTICAS PÚBLICAS E A INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO NO TEMA DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM PORTUGAL	33
3.1 A Alterações Climáticas nas Políticas Públicas ao longo dos últimos dez anos	33
3.2 Desafios para a Investigação e Inovação	37
PARTE II - ÁREAS DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO EM ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS.....	38
CAPÍTULO 4 – SUBTEMAS DE INVESTIGAÇÃO EM ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS.....	39
4.1 O SISTEMA CLIMÁTICO E AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS	40
4.1.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030	40
4.1.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos	41
4.1.3 As questões-chave para uma agenda de investigação	42
4.2 IMPACTOS, VULNERABILIDADES E RISCOS EM SISTEMAS E SETORES	44
4.2.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030	44
4.2.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos	45
4.2.3 As questões-chave para uma agenda de investigação	47
4.3 ADAPTAÇÃO DE SISTEMAS E SETORES	52
4.3.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030	52
4.3.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos	53

4.3.3 As questões-chave para uma agenda de investigação	56
4.4 MITIGAÇÃO E POLÍTICAS DE NEUTRALIDADE CARBÓNICA	63
4.4.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030	63
4.4.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos	65
4.4.3 As questões-chave para uma agenda de investigação	66
CAPÍTULO 5 – PERSPETIVAS DE INOVAÇÃO SOCIAL OU TECNOLÓGICA	71
5.1 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DE PRODUTOS, PROCESSOS E SERVIÇOS	72
5.1.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030	72
5.1.2 Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos	73
5.1.3 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação	74
5.2 GOVERNAÇÃO, INOVAÇÃO INSTITUCIONAL E SOCIETAL	76
5.2.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030	76
5.2.2 Principais desenvolvimentos nos últimos dez anos	76
5.2.3 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação	77
PARTE III - CONCLUSÕES	80
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES - AGENDA ESTRATÉGICA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO PARA O TEMA DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS	81
6.1 Desafios e áreas estratégicas em Alterações Climáticas: a Agenda e a sociedade portuguesa ...	81
6.2 Fatores críticos para o desenvolvimento futuro da investigação e inovação	83
6.3 Alterações Climáticas: Transversalidade Societal	86
REFERÊNCIAS	92

NOTA INTRODUTÓRIA

A presente Agenda traduz uma visão conjunta multi-ator e localiza Portugal na problemática atual das Alterações Climáticas, projetando as questões-chave, desafios, oportunidades e fatores críticos a serem atendidos na resposta de combate às Alterações Climáticas até 2030 no país.

A Agenda emerge dum trabalho intensivo dos membros do PC ENAAC 2020 sobre prioridades estratégicas de I&I no âmbito das Alterações Climáticas. Esta reflexão resulta na elaboração de quatro subtemas no âmbito da Investigação e dois no âmbito da Inovação, tendo em conta a visão harmonizada e partilhada do grupo de peritos e o trabalho de edição dos redatores, coordenadores, da FCT e da APA. A Agenda também inclui os contributos dos setores da ENAAC 2020 (consulta pública), que ocorreu durante mês de fevereiro de 2019. Adicionalmente foram considerados os contributos, escritos e orais, da sociedade civil, recolhidos durante e após o *Workshop* de apresentação e discussão pública da Agenda, realizado a 26 de março de 2019, no Teatro Thalia em Lisboa. Trata-se de um documento construído num processo de diálogo entre diferentes atores nacionais, seguindo uma abordagem *bottom-up* com coordenação conjunta entre a FCT e a APA.

Pretende-se que este documento tenha um carácter dinâmico e, como tal, poderá e deverá sofrer alterações e atualizações sempre que a comunidade nacional identifique necessidades prementes de I&I nesta temática. O objetivo é facilitar e potenciar a troca de conhecimento entre os atores do sistema de I&I, e estimular a aprendizagem contínua como alicerce aos desafios trazidos pelas Alterações Climáticas.

SUMÁRIO EXECUTIVO

Esta Agenda, coordenada em conjunto pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) e a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), explora os desafios e oportunidades de Investigação e Inovação (I&I) em Alterações Climáticas em Portugal, a médio prazo (2030), sendo um documento de carácter dinâmico, demonstrando a estratégia de posicionar Portugal num novo patamar de conhecimento e competitividade a nível internacional, em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 das Nações Unidas.

As Alterações Climáticas são uma questão incontornável do século XXI, constituem uma ameaça global que afeta a saúde, o bem-estar humano e a preservação dos ecossistemas e adensam desigualdades, gerando pobreza e fome, com a capacidade de atravessar gerações e desconhecendo fronteiras. Em conformidade, a Agenda 2030 e os respetivos ODS definidos pela ONU materializam a urgência de combate às Alterações Climáticas e aos seus impactos no ODS 13 (Ação Climática). Esta urgência está também patente na transversalidade do tema das Alterações Climáticas na maioria dos outros ODS.

Em Portugal, a Ação Climática representa uma prioridade nacional e, tendo em atenção as suas características como um potencial *'hotspot'* de vulnerabilidades, é um desafio estratégico para a investigação e a inovação (I&I).

Esta Agenda de I&I dedicada às Alterações Climáticas pretende, assim, potenciar os necessários desenvolvimentos na transição para uma sociedade neutra em carbono e resiliente às Alterações Climáticas, através de medidas de adaptação, mitigação e de redução e gestão de riscos com base no melhor conhecimento técnico-científico e numa visão estratégica para a I&I nacional em Alterações Climáticas para a próxima década.

Em Portugal as Alterações Climáticas já são alvo de políticas públicas com metas ambiciosas, entre as quais o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050), a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAA 2020), o Programa de Ação para a Adaptação às Alterações Climáticas (P3AC) e o Plano Nacional Energia-Clima 2030 (PNEC 2030). Em todos eles a I&I são instrumentais para o constante planeamento e melhoramento, das estratégias de redução de vulnerabilidades e melhoria de resiliência.

No contexto desta Agenda foram identificados quatro subtemas no âmbito da investigação - **Sistema climático e Alterações Climáticas; Impactos, vulnerabilidades e riscos em sistemas e setores; Adaptação de sistemas e setores; e Mitigação e políticas de neutralidade carbónica** - e dois subtemas de inovação - **Inovação tecnológica de produtos, processos e serviços; e Governança, inovação institucional e societal.**

O futuro da I&I no tema das Alterações Climáticas exige uma abordagem sistémica de longo termo, multi-escalar (local, regional e nacional) que assegure sinergias entre diversos setores e atores, alicerçado na multi- e interdisciplinariedade, incluindo a participação societal em projetos-piloto e *living labs*. Nesta perspetiva holística da I&I em resposta às Alterações Climáticas, Portugal tem grandes desafios identificados, nomeadamente:

- Cooperação transversal entre um número muito elevado de setores;
- Coordenação entre múltiplas agências estatais, bem como a interligação entre o setor público e privado;
- Investimento em novas formas de comunicação e de mobilização para as Alterações Climáticas, junto de diferentes públicos;

- Investimento em educação, formação e capacitação;
- Geração de novos mecanismos de governação de sistemas de governo e governança e de comunicação do risco das Alterações Climáticas, que sejam mais participativos e capazes de estimular o envolvimento público na coprodução de medidas de mitigação e adaptação;
- Criação de condições para as empresas poderem encarar as Alterações Climáticas como uma oportunidade para o seu negócio e estimular a inovação.

Paralelamente à visão apresentada nesta Agenda de I&I foram identificados um conjunto de fatores críticos que podem condicionar ou contribuir para a operacionalização da visão e objetivos. Neste contexto, **os principais fatores críticos para o desenvolvimento futuro da I&I nacional em Alterações Climáticas** são: a) Interação científica em rede; b) Infraestruturas científicas de qualidade; c) Recursos humanos qualificados; d) Processos eficientes de gestão de informação e dados; e) Gestão financeira flexível e adequada à I&I; f) Interface academia-empresas-políticas públicas; e g) Educação, formação e capacitação.

Por fim, foi analisada a transversalidade da temática das Alterações Climáticas nas restantes 14 Agendas Temáticas de I&I já concluídas ou em desenvolvimento (consultar o [website da FCT¹](#)), que foram desenvolvidas por peritos de investigação e inovação da comunidade científica nacional, da administração pública e do setor privado, sob a coordenação da FCT.

A complexidade associada a I&I em Alterações Climáticas advém não apenas da multiplicidade de áreas científicas envolvidas, mas também da necessidade de estas cooperarem no desenvolvimento de conhecimento teórico de base e também de metodologias analíticas de aplicação comum aos problemas e desafios identificados. O sucesso desta Agenda permitirá apoiar a tomada de decisão nas negociações a nível internacional, posicionando o país através da valorização das apostas de I&I no âmbito das Alterações Climáticas.

¹ <https://www.fct.pt/agendastematicas/index.phtml.pt>

EXECUTIVE SUMMARY

This Agenda, co-coordinated by the Foundation for Science & Technology (FCT) and the National Environment Agency (APA), explores Research and Innovation (R&I) challenges and opportunities in Climate Change for Portugal in the medium term (2030). It is a dynamic document that highlights the strategy for positioning Portugal in a new phase of knowledge and competitiveness at the international level, in line with the 2030 United Nations (UN) Sustainable Development Goals (SDGs).

Climate change is an inevitable issue of the XXI Century. It is a global threat that affects human health and well-being, ecosystems conservation, and exacerbates inequalities producing poverty and hunger. It is a societal challenge that crosses generations and ignores borders. The UN 2030 Agenda for Sustainable Development embodies the urgency to fight climate change and its impacts, which is reflected not only in the Sustainable Development Goal (SDG) #13 (Climate Action) but also in the horizontal influence of Climate Change theme on the vast majority of the others SDGs.

Taking into account Portugal's vulnerability as a climate change hotspot, Climate Action represents both a national priority and a strategic challenge in terms of R&I efforts.

This R&I Agenda aims to support the transition towards a carbon neutral economy, increasing society resilience to Climate Change through adaptation, mitigation and risk reduction and management, anchored in the best scientific and technical knowledge while providing **a national strategic vision of R&I in Climate Change for the next decade.**

In Portugal, Climate Change is already a priority with ambitious goals in public policy: the Roadmap for Carbon Neutrality in 2050 (RNC2050), the National Climate Change Adaptation Strategy (ENAAAC 2020), the Climate Change Adaptation Action Program (P3AC) and the National Energy-Climate Plan 2030 (PNEC 2030). In all of them, R&I are instrumental for a continuous measurement, planning and improvement of vulnerabilities and resilience to climate change-induced shocks.

Strategically, within the scope of the current Agenda R&I highlights were organized into: four subthemes for research - **Climate System and Climate Change; Systems and Sector Impacts, Vulnerabilities and Risks; Systems and Sectors Adaptation; Mitigation and Neutral Carbon Policies** - and two subthemes for innovation- **Product, Process and Services Technological Innovation;** and **Governance, Institutional and Societal Innovation.**

The future of national R&I in Climate Change requires a long-term systemic, multidisciplinary and multiscale (local, regional and national) approach, including a living labs approach to test diverse climate scenarios, as well as pilot projects with mobilizing and multi-sectoral effects. This Agenda has identified major challenges for national R&I in this theme, namely:

- Cross-sectoral cooperation;
- Coordination among multiple state agencies, as well as the interconnection between public and private sector;
- Development of novel forms of Climate Change communication and mobilization aimed at different publics;
- Enhanced investment in education, training and capacitation for adaptation and mitigation of Climate Change;
- Development of new mechanisms of risk governance and risk communication that promote participation and public engagement in the coproduction of mitigation and adaptation strategies;

- Development of conditions that allow companies to look ahead and perceive Climate Change as an opportunity to their business and innovation strategies.

In parallel to this, a series of critical factors were identified that are crucial for the operationalization of the current Agenda's vision and goals: a) further development of the scientific network interactions; b) excellent scientific infrastructures; c) qualified human resources; d) efficient processes of management and data information; e) flexible financial management adequate to R&I; f) interface between academia, the private sector and -public policy ; and g) education, training and capacitation of the entire society.

Finally, this Agenda analyses the framing of the Climate Change theme in the other 14 R&D Thematic Agendas, already published or close to (please check the FCT [website](#)²). These Agendas are/were developed by Portuguese experts in R&I of each theme from the scientific community, the Public Administration and the Private sector, under the coordination of FCT.

The complexity linked to Climate Change R&I derives not only from the multitude of scientific areas involved, as well as from the need of cooperation among these for the improvement of the theoretical knowledge and of the analytical methodologies of common application to the problems and challenges identified. The success of this Agenda will support decision-making in negotiations at the international level, improving Portugal's position through the reinforcement of its R&D targets in Climate Change.

² <https://www.fct.pt/agendastematicas/index.phtml.pt>

PARTE I - VISÃO E DESAFIOS

CAPÍTULO 1 – VISÃO E DESAFIOS PARA 2030

1.1 Visão em Portugal até 2030

O recente relatório das Nações Unidas ‘Emissions Gap Report 2018’³ indica que os atuais compromissos nacionais (*Nationally Determined Contributions - NDCs*) de redução de emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE) não serão suficientes para cumprir os objetivos de mitigação globais estabelecidos até 2030. Apesar de ainda ser tecnicamente possível assegurar que o aumento da temperatura média global não ultrapasse os 2°C (e até os 1,5 °C) no final deste século, como preconizado pelo Acordo de Paris⁴, as mais recentes projeções baseadas nos compromissos nacionais apontam para um cenário de aumento de 3°C em 2100, e a continuação dessa tendência bem para lá deste século. Assim, e de acordo com o último relatório do IPCC ‘Global Warming of 1,5 °C’ será imprescindível uma redução em 45% das emissões de CO₂ até 2030⁵ de forma a travar o aumento da temperatura média global em 1,5 °C.

Torna-se assim claro que, de forma a evitar os cenários mais gravosos de impactos associados às Alterações Climáticas, é necessário agir rapidamente, quer ao nível da mitigação de emissões quer ao nível da adaptação. **Melhorar a compreensão sobre a forma como podemos aumentar a resiliência da sociedade face às Alterações Climáticas constitui um dos maiores desafios que atualmente se colocam à comunidade científica internacional, incluindo obviamente Portugal.**

A Investigação e Inovação (I&I) desempenham um papel crítico na análise e compreensão das cadeias de interações complexas entre os sistemas naturais e humanos (processos biogeofísicos e socioeconómicos). Os esforços de I&I deverão apoiar a produção do conhecimento e das competências necessárias para o desenvolvimento de opções de adaptação e mitigação apropriadas, bem como a sua tradução e implementação através de políticas nacionais, regionais e setoriais.

De acordo com os desafios e Objetivos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ODS)⁶ a **Ação Climática (ODS13) apresenta-se como uma prioridade de I&I em Portugal até 2030**, sendo que o tema das Alterações Climáticas é ainda transversal a muitos dos outros ODS.

Assim, a visão para a I&I no tema das Alterações Climáticas em Portugal até 2030 - **o aumento da resiliência nacional face às Alterações Climáticas - está em linha com o cumprimento do objetivo de neutralidade carbónica em 2050 que assenta numa visão estratégica que “visa promover a descarbonização da economia e a transição energética, enquanto oportunidade para o país, assente num modelo democrático e justo de coesão territorial que potencie a geração de riqueza e uso eficiente de recursos”**⁷. Esta visão deverá centrar-se em **trabalho colaborativo** entre governo, academia, setor privado e sociedade civil para **assegurar a redução significativa das emissões de GEE até 2030 e a manutenção da tendência decrescente após essa data, assim como o planeamento e a implementação de opções de adaptação que respondam eficazmente aos principais impactos das Alterações Climáticas projetados até ao final deste século.**

Do lado da mitigação, esta visão requer, entre outros aspetos, **o aumento da quota-parte das energias renováveis na produção de energia, a melhoria da eficiência energética, a aposta no transporte público, na mobilidade partilhada, elétrica e ativa, uma gestão agroflorestal eficaz e a adoção de**

³ Emissions Gaps Report 2018 UNEP 2018, <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2018>

⁴ The Paris Agreement URL http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php

⁵ IPPCC Special Report: Global Warming 1,5°C. Summary for Policy Makers, <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/summary-for-policy-makers/>

⁶ <http://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/>

⁷ Resolução do Conselho de Ministros n.º 107/2019, de 1 de julho; <https://descarbonizar2050.pt/>

novos modelos de consumo e de produção eficientes, compatíveis com a redução efetiva quer do uso de recursos quer da produção de resíduos. Esta visão implica um aumento do nível de ambição nacional, em linha com o compromisso nacional de atingir a neutralidade carbónica até 2050, consubstanciando-se como o contributo de Portugal no âmbito do Acordo de Paris.

Já em termos de adaptação, o futuro da I&I nacional neste domínio deverá garantir o **aumento da capacidade nacional de projeção e cénarização dos impactos das Alterações Climáticas**, de modo a contribuir para uma melhor gestão e comunicação das incertezas associadas, assegurando assim a utilidade, credibilidade e relevo da informação no apoio aos processos de decisão em adaptação.

Neste contexto, **ambas as respostas às Alterações Climáticas (mitigação e adaptação)** deverão ser enquadradas e **integradas** de forma a promover a **transição para uma economia resiliente, competitiva e de baixo carbono**.

Esta transição só será atingida através de **investigação interdisciplinar e de maior integração com a sociedade (transdisciplinar)**, incluindo **projetos-piloto, ‘living labs’** e abordagens multissetoriais para desenvolver e testar inovação tecnológica e não-tecnológica (como por exemplo inovação social, institucional, novos modelos de negócio), seguindo os modelos de inovação aberta.

O futuro da I&I para as Alterações Climáticas em Portugal deverá apostar em **redes ativas de colaboração** (multi-atores, -níveis e -setoriais) capazes de **reforçar a ligação entre a investigação, a tecnologia, as políticas e a sua aplicação a setores e territórios**. Adicionalmente, é fundamental que a I&I para as Alterações Climáticas em Portugal aposte fortemente na sua **inserção em redes internacionais**, de modo a apoiar o melhor posicionamento de Portugal no âmbito das competências e do conhecimento científico relacionado com a temática das Alterações Climáticas, na Europa e no mundo.

1.2 A importância do tema para Portugal

Apesar das incertezas associadas aos atuais e futuros impactos e consequências, a existência de Alterações Climáticas de origem antropogénica é atualmente um tema inequívoco e consensual entre a comunidade científica internacional, mesmo em países onde a atual posição política possa não ser a mesma⁸.

Em Portugal as Alterações Climáticas são cada vez mais uma prioridade nacional, pois a região Mediterrânica (e sua interseção com o Atlântico) apresenta-se como um *‘hotspot’*, ou seja, uma zona geográfica de maior vulnerabilidade aos efeitos adversos das Alterações Climáticas, nomeadamente à desertificação, à seca, aos fogos florestais, à erosão da linha de costa devido à subida do nível médio do mar (NMM) e ao aumento de tempestades, à diminuição da produtividade agrícola, à dificuldade na manutenção de sistemas agrícolas mais sensíveis a limitações hídricas ou de produção tradicional, à propagação de doenças transmitidas por vetores, à poluição atmosférica, entre outros aspetos^{9,10}.

O impacto da ação humana na regulação do planeta é atualmente de tal magnitude, que se torna essencial conter as Alterações Climáticas antropogénicas dentro de limites ‘seguros’¹¹. Por esse motivo torna-se imperativo que as nações cooperem entre si para travar o aquecimento global tal como definido no Acordo de Paris, do qual Portugal é signatário. Para atingir as metas preconizadas por este

⁸ <https://climate.nasa.gov/scientific-consensus/>

⁹ Giorgi F (2006) Climate change hot-spot. *Geophys Res Lett* 33: 1-4 doi:10.1029/2006GL025734

¹⁰ Park C-E *et al* (2018) Keeping global warming within 1,5 constrains emergence of aridification. *Nature Climate Change* 8: 70-74 doi.org/10.1038/s41558-017-0034-4

¹¹ Rockström J *et al* *Nature* (2009) A safe operating space for humanity. 461: 472-475

acordo é imprescindível a vontade política dos países, a mobilização da sociedade civil, e um reforço significativo das capacidades nacionais e transnacionais de I&I.

Deste modo, várias políticas e estratégias têm sido desenvolvidas e implementadas nos últimos anos a nível nacional que promovem a transição para uma economia de baixo carbono e aumentam a resiliência da sociedade às Alterações Climáticas, destacando-se a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAAC 2020), Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020/2030 (PNAC 2020/2030) e o Sistema Nacional para Políticas e Medidas (SPeM).

Mais recentemente, na sequência da adoção do Acordo de Paris e do compromisso nacional de neutralidade carbónica em 2050 foram desenvolvidos dois importantes instrumentos de planeamento estratégico:

- i) **Roteiro para a Neutralidade Carbónica (RNC) 2050**¹², que abrange os estudos da viabilidade técnica e económica das trajetórias de redução das emissões de GEE em Portugal, conducentes a uma economia de baixo carbono (ou carbono nulo) até 2050, incluindo também orientações estratégicas para diversos setores de atividade (energia, transportes, resíduos, agricultura, florestas e uso do solo), com o objetivo de ser atingido pelo País um balanço nulo entre emissões de GEE e a sua remoção da atmosfera. Este Roteiro constitui igualmente a Estratégia de desenvolvimento a longo prazo com baixas emissões de GEE a submeter por Portugal à Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC) e à Comissão Europeia até 2020;
- ii) **Plano Nacional Integrado Energia-Clima (PNEC 2030)**¹³, que se debruça sobre a segurança energética, o mercado energético, a eficiência energética, a descarbonização, a I&I e Competitividade, e que combinará o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER) com o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e o Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020/2030 (PNAC 2020/2030). O PNEC encontra-se ainda em desenvolvimento e implementará a primeira década de uma visão estratégica rumo à neutralidade carbónica até 2050.

As políticas de ação climática acima referidas são tratadas em maior detalhe no Capítulo 3.

Em paralelo com as políticas, a I&I tem um papel incontornável na temática das Alterações Climáticas, pois gera condições de mudança por parte de diversos setores no desenvolvimento de projetos e medidas de adaptação, mitigação, e de redução e gestão de riscos.

Portugal tem beneficiado da constituição de **redes de investigação e cooperação científica com financiamento internacional** que permitem estudar a grande diversidade dos impactos das Alterações Climáticas ao nível regional e local, por exemplo através de estudos comparativos. Os principais exemplos recentes de projetos europeus e internacionais na área da adaptação e resiliência às Alterações Climáticas, com participação nacional (alguns com coordenação nacional) são:

- **CIRCLE-2 ERA-Net (FP7, 2010-2014)**¹⁴;
- **BASE (FP7, 2012-2015)**¹⁵;
- **IMPRESSIONS (FP7, 2013-2018)**¹⁶;

¹² Resolução do Conselho de Ministros n.º 107/2019, de 1 de julho.

¹³ Previsto no Regulamento (UE) n.º 2018/1999, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de dezembro de 2018, relativo à Governança da União da Energia e da Ação Climática.

¹⁴ <http://www.circle-era.eu/np4/home.html>

¹⁵ <https://base-adaptation.eu/>

- **BINGO (Hor2020, 2015-2019)**¹⁷;
- **PLACARD (Hor2020, 2015-2020)**¹⁸;
- **ClimAdaPT.Local (EEA Grants)**¹⁹;
- **AdaptForChange (EEA Grants)**²⁰
- **Beacon (2018-2021)**²¹.

A FCT tem igualmente financiado projetos de investigação no âmbito das Alterações Climáticas, em paralelo com autarquias, comunidades intermunicipais e Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDRs) que têm igualmente apoiado projetos de I&I, incluindo estudos promovidos pelos agentes económicos.

Portugal evidencia hoje massa crítica empresarial receptiva à inovação ou transformação do seu negócio e na geração de emprego no contexto de descarbonização da economia. Veja-se, por exemplo, o setor das energias renováveis, que já é responsável por mais de 50% do fornecimento de energia elétrica em Portugal (54% em 2016, segundo o Eurostat²²).

O “MEET2030”²³, organizado pelo Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável e pelo Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa, que contou com 30 empresas de 13 setores distintos, a APA, o Ministério do Ambiente, a ADENE - Agência para a Energia, e a Secretaria de Estado da Indústria, num encontro com vista a compreender como o crescimento económico e a criação de emprego são possíveis numa economia neutra em carbono. As conclusões apontam para que só com esforços concertados entre áreas tais como energia, economia, indústria, emprego, educação, ambiente e agricultura será possível um crescimento económico neutro em carbono no contexto da designada revolução industrial 4.0 (ou produção industrial inteligente).

O cariz transversal dos impactos das Alterações Climáticas ao nível setorial em Portugal, como no resto do mundo, impõe que a I&I seja a fundação e uma das prioridades para a transição. Assim, importa apostar na I&I e desenvolver o conhecimento e as competências que incentivem, de forma sistémica e alargada, a concretização das várias metas estabelecidas para o país, de modo a debelar um problema global que desconhece fronteiras e desafia as projeções de um futuro sustentável.

1.3 Os grandes desafios para o desenvolvimento do tema das Alterações Climáticas em Portugal

A visão apresentada e o aumento da resiliência nacional face às Alterações Climáticas até 2030 impõem muitos desafios à I&I em Portugal. Estes desafios sejam de natureza económica ou estrutural, tecnológica ou social, são complexos, possivelmente ainda à margem dos quadros das políticas existentes, e exigem uma mudança sistémica, bem como um protagonismo cidadão.

O trabalho colaborativo vai requerer a **cooperação transversal entre vários setores**, em especial através dos respetivos Ministérios, bem como a **coordenação entre múltiplas agências estatais**. A **interligação entre o setor público e privado**, assim como entre governo e agências públicas (de âmbito nacional e

¹⁶ <http://www.impressions-project.eu/>

¹⁷ <http://www.projectbingo.eu/>

¹⁸ <https://www.placard-network.eu/>

¹⁹ <http://climadapt-local.pt/>

²⁰ <http://echanges.fc.ul.pt/projetos/adaptforchange/>

²¹ <http://ce3c.ciencias.ulisboa.pt/research/projects/ver.php?id=157>

²² <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20180921-1?inheritRedirect=true&redirect=%2Feurostat%2F>

²³ <https://meet2030.pt/>

regional), são fundamentais para a criação de respostas às Alterações Climáticas, como no caso particular dos eventos extremos, bem como para desenvolvimento e implementação das políticas por parte de setores, sistemas e restante sociedade.

Os **esforços de comunicação** nas áreas relacionadas com a I&I em Alterações Climáticas são, eventualmente, um dos maiores desafios para Portugal. Embora exista um grande volume de produção científica sobre as Alterações Climáticas e seus impactos, e esta esteja na sua maioria dos casos disponível em acesso aberto, não se trata de informação de fácil entendimento ou uso para o público em geral. É fundamental investir em **novas formas de comunicação e de perceção pública das Alterações Climáticas**, com o objetivo de atingir diferentes públicos-alvo.

Em paralelo, os desafios impostos pela **educação, formação e capacitação** são críticos para que os **cidadãos** se tornem mais **informados, conscientes e pró-ativos**, e a sociedade possa refletir e implementar as soluções da mitigação e adaptação face às Alterações Climáticas.

Um dos principais desafios no âmbito da **inovação** é a criação de condições onde as empresas poderão **encarar as Alterações Climáticas não apenas como um risco sistémico, mas também como uma oportunidade para o seu negócio**. Os benefícios da ação climática são significativos, enquanto os custos de inação continuam a aumentar. Esta realidade foi exposta no relatório de 2018 da Comissão Global sobre a Economia e o clima, que explicita que uma ação climática ambiciosa poderia gerar mais de 65 milhões de novos empregos até 2030²⁴.

Para desbloquear essa enorme oportunidade ao nível nacional será necessário e importante estimular a inovação que permita criar **novos mercados e novos modelos de negócio**. Os projetos de demonstração, baseados na inovação tecnológica com retorno financeiro no longo prazo (por exemplo, projetos-piloto para produção de energia eólica, ou a partir das ondas), exigem uma legislação direcionada à I&I, tal como uma ligação clara com os instrumentos existentes, no nível nacional e fora do país.

Em paralelo, é necessário investir em **novos mecanismos de governação dos sistemas de governação e de governança e de comunicação do risco das Alterações Climáticas**, que sejam mais participativos e capazes de estimular o **envolvimento público na coprodução de medidas de mitigação e adaptação** (por exemplo, *citizen science*). O objetivo é criar condições para a alteração de comportamento dos cidadãos (por exemplo, escolha de modos de transporte e padrões de produção e consumo mais sustentáveis e sem emissões, ou com menores emissões de carbono) enquanto se amplifica a compreensão da necessidade de não ocupar territórios de maior suscetibilidade e risco (por exemplo, cheias, inundações e galgamentos costeiros).

As **idades** neste contexto têm um papel crítico já que poderão tornar-se **living labs** onde medidas de adaptação e mitigação serão estudadas, demonstradas e avaliadas. Deve ser dada preferência a **projetos de I&I que visem a descarbonização**, tendo em conta a sua população, o consumo de recursos, a geração de resíduos e emissões de CO₂, assim como a concentração de capital, dados e informação. Deverão ser ainda prosseguidos estudos que avaliem a introdução do princípio da prevenção e da precaução no direito urbanístico e a possível implementação de mecanismos de responsabilidade de risco partilhada.

Em consequência, salienta-se a importância de **percecionar a programação e financiamento da I&I como uma ferramenta política (policy tool)**. O financiamento de I&I pode criar novas iniciativas em

²⁴ <https://newclimateeconomy.report/2018/>

certos portfólios de políticas, por exemplo através da colocação de certas opções de adaptação que foram negligenciadas na agenda pública, ou a introdução de ferramentas que aumentam a transparência na tomada de decisões (por exemplo, indicadores). Em última análise, a investigação pode ajudar a aumentar a eficácia, a eficiência e a legitimidade da política em múltiplas áreas societais, em particular no que diz respeito aos efeitos e consequências a médio e longo prazo.

Em linha com a visão e abordagem definida neste capítulo 1 são em seguida elencados os desafios e apostas de I&I no âmbito das Alterações Climáticas que constam desta Agenda Temática.

Aposta em 4 subtemas de investigação, nomeadamente:

- **Sistema climático e Alterações Climáticas**, da sua dinâmica e da sua evolução ao longo da história da Terra, que se torna fundamental para abordar as questões relativas à problemática das Alterações Climáticas de origem antropogénica, tanto no que respeita à mitigação como à adaptação. O objetivo é o de aprofundar o **conhecimento sobre o Sistema Climático, aumentar a disponibilidade de projeções e cenários climáticos** com adequada resolução temporal e espacial, e que permitam a produção de **informação fidedigna e útil para desenvolver respostas às Alterações Climáticas**;
- **Impactos, vulnerabilidades e riscos em sistemas e setores**, de modo a compreender como as Alterações Climáticas irão afetar os sistemas naturais e humanos, bem como as suas interações. Em consequência deste objetivo, os domínios de investigação abordados são: **i) sistemas naturais** (meios terrestre, lacustre e fluvial; meios costeiro e marinho); **ii) sistemas geridos pelo homem** (recursos hídricos; agricultura, florestas, agropecuária); e **iii) sistemas humanos e ambiente construído** (organização social; transportes e comunicações; energia; atividades económicas; cidades; saúde);
- **Adaptação de sistemas e setores**, com o foco na necessidade de antecipar, criar e analisar as respostas de adaptação e ação climática por parte de setores, sistemas e sociedade. Dada a sua abrangência, este subtema propõe várias questões de investigação agrupadas em **10 tópicos científicos principais**: 1) vulnerabilidade social dos indivíduos e comunidades; 2) respostas e ações centradas nos utilizadores; 3) resiliência das infraestruturas críticas; 4) soluções tecnologicamente evoluídas; 5) adaptação à escala e foco local; 6) capacidade multi-escalar; 7) envolvimento das partes interessadas nas ações de adaptação e a forma como estas lidam com as categorias do risco; 8) acesso a recursos naturais em quantidade e qualidade; 9) ordenar e planear de forma adaptativa (gestão adaptativa); 10) espaços sensíveis com inter-relações complexas;
- **Mitigação e políticas de neutralidade carbónica**, na **dupla perspetiva da redução nacional de emissões e de captura de GEE**, visando a melhoria dos sistemas de decisão nesta área. As principais questões de I&I a desenvolver até 2030 centram-se na construção de base de dados e desenvolvimento de modelos e metodologias para a monitorização e inventário das emissões de GEE; avaliação dos impactos socioeconómicos das emissões de GEE; eficácia de medidas de mitigação; e avaliação das políticas e medidas de mitigação em implementação em diversos setores.

Aposta em 2 subtemas de inovação, nomeadamente:

- **Inovação tecnológica de produtos, processos e serviços**, que promova a criação e teste de novos recursos tecnológicos e de processos que melhoram as respostas de adaptação e mitigação, incluindo a inovação tecnológica para a redução de risco e desastres e a investigação,

a inovação e a produção de conhecimento em áreas-chave para a concretização do objetivo da neutralidade carbónica.

- **Governança, inovação institucional e societal**, que promova a sensibilização, mobilização e envolvimento efetivo dos vários atores relevantes para a formulação de estratégias e programas de adaptação e mitigação ajustadas às vulnerabilidades e potencialidades das áreas em estudo.



[Figura 1. Esquema ilustrativo das apostas da Agenda de I&I para as Alterações Climáticas em Portugal]

CAPÍTULO 2 – INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO NO TEMA DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM PORTUGAL E NO MUNDO

2.1 Estado da Arte: os desenvolvimentos dos últimos dez anos

A definição de temáticas de I&I nos últimos 10 anos em Portugal seguiu em parte as tendências verificadas no contexto europeu. A ciência (ou ciências) relacionadas com o estudo e a compreensão das diferentes problemáticas associadas às alterações climáticas apresentaram significativos desenvolvimentos quer ao nível do conhecimento científico quer do seu impacto societal e exposição pública. Para além de um incremento significativo no número de publicações científicas com revisão por pares, a temática conheceu ainda um crescente reconhecimento público internacional e o envolvimento de um cada vez maior número de atores (atingindo nos últimos anos proporções globais com manifestações e greves climáticas um pouco por todo o planeta).

Adicionalmente, muitas das áreas e disciplinas relacionadas com o tema são agora confrontadas com uma influência crescente no desenvolvimento de políticas públicas e de estratégias privadas. Ao longo da década muitas destas disciplinas científicas passaram assim a ver seu impacto societal ser refletido não apenas na tradicional ação climática, i.e., desenvolvimento de estratégias de resposta às alterações climáticas através da mitigação, adaptação e gestão do risco, mas igualmente em múltiplos outros setores de relevância, como são os casos da energia, transporte e mobilidade, cidades e zonas costeiras, infraestruturas críticas, agricultura e florestas, segurança e qualidade alimentar, saúde, gestão dos recursos hídricos, utilização de recursos minerais, serviços e cadeias de valor, entre vários outros.

Em termos de reconhecimento da temática, a nível internacional o período 2010-2019 ficou marcado pela atribuição do Prémio Nobel da Paz ao vice-presidente do EUA, Al Gore e ao Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC)²⁵.

No que diz respeito às políticas públicas a década fica marcada de forma significativa pela adoção do Acordo de Paris, na 21ª Conferência das Partes da CQNUAC, a 12 de dezembro de 2015 e a sua posterior entrada em vigor a 4 de novembro de 2016²⁶.

Já em relação à vertente de revisão científica do estado da arte nesta área, destacam-se as múltiplas publicações do IPCC nomeadamente: o Quinto Relatório de Avaliação (publicado entre 2013 e 2014)²⁷; o Relatório Especial sobre o Aquecimento Global de 1,5 °C (IPCC, 2018)²⁸; o Relatório Especial 2019 de Refinamento das Orientações 2016 para Inventários Nacionais de Emissões de Gases com Efeito de Estufa (IPCC, 2019)²⁹; o Relatório Especial sobre as Alterações Climáticas e Uso do Solo (IPCC 2019)³⁰; e o Relatório Especial sobre o Impacto das Alterações Climáticas nos Oceanos e na Criosfera (IPCC, 2019)³¹.

A I&I nacional em Alterações Climáticas registou também, embora de forma menos pronunciada, desenvolvimentos significativos em várias áreas de relevância, por exemplo, ciência do clima e das alterações na composição atmosférica; estudo dos impactos biogeofísicos e das suas consequências para os sistemas naturais e humanos; mitigação, adaptação e gestão do risco; e inovação tecnológica, institucional e societal.

²⁵ <https://www.ipcc.ch/about/history/>

²⁶ <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

²⁷ <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/>

²⁸ <https://www.ipcc.ch/sr15/>

²⁹ <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>

³⁰ <https://www.ipcc.ch/report/srccl/>

³¹ <https://www.ipcc.ch/srocc/home/>

Estes desenvolvimentos foram analisados no decorrer da elaboração desta agenda e são descritos em pormenor nos capítulos 4 e 5.

2.2 Estratégias Internacionais de Investigação e Inovação

Neste subcapítulo apresentam-se as **mais recentes políticas, programas e iniciativas na área de Alterações Climáticas ao nível da União Europeia (UE) e internacionalmente**. Adicionalmente é apresentada uma análise comparativa entre vários documentos estratégicos na temática das Alterações Climáticas, nomeadamente: agendas de Investigação e Inovação (I&I) e Estratégias para as Alterações Climáticas; Planos de investigação e ação; e *Roadmaps* de países europeus (Espanha, Dinamarca, Holanda e Suécia), bem como do estado da Califórnia (EUA) e da África do Sul. O objetivo desta análise é apoiar a identificação de **prioridades de I&I, os desafios, e os fatores críticos para potenciar a I&I no âmbito das Alterações Climáticas**.

De forma a atingir o objetivo estabelecido com o Acordo de Paris³² é essencial a mobilização de recursos financeiros para o desenvolvimento de I&I em mitigação, adaptação, gestão de risco, capacitação e educação. A Agenda de Investigação e Inovação da UE (EU/COM, 2018)³³ indica que há um reforço das medidas de adaptação às Alterações Climáticas, já no período de 2014-2020. De acordo com o Roteiro para Serviços Climáticos (EU, 2015)³⁴, a Europa já é líder em ciência e tecnologia do clima e quer ser também o líder na transferência dessa ciência e tecnologia para reforçar a capacidade de combater os efeitos das Alterações Climáticas e assegurar a competitividade da economia europeia.

Em junho de 2018³⁵, a Comissão Europeia lançou a proposta com as prioridades para a I&I na UE para o período 2021-2027 “Horizonte Europa” (HE), o próximo Programa-Quadro de I&I, que substituirá o Horizonte 2020. A proposta para o HE identifica as principais prioridades para atividades de I&I na Europa – mas também para a colaboração com Países terceiros que poderão ter acesso a programas específicos – as quais totalizarão um investimento de cerca de 100.000 Milhões de euros (M€). O HE está alinhado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, referidos no Capítulo 1, tendo a Comissão estabelecido o objetivo de **que 35% das verbas do HE, de entre os seus vários pilares, sejam aplicadas em I&I no domínio das Alterações Climáticas**.

Um dos pilares do HE, que é responsável por mais de 50% do orçamento global do HE (52.700M€), tem como tema “Desafios globais e Competitividade industrial”, e está organizado em 5 subtemas ou *clusters*. **As Alterações Climáticas são um tema transversal a todos os 5 *clusters* dos desafios globais do HE, sendo que um destes é dedicado sobretudo às Alterações Climáticas - Clima, Energia e Mobilidade (*cluster* 4)**. Neste *cluster* são definidas **múltiplas prioridades que abrangem áreas tão diversas como a ciência climática, aumento da resiliência energética e climática das cidades, o fornecimento, distribuição e armazenamento da energia, a transição energética do edificado e das infraestruturas industriais, ou os transportes limpos e a mobilidade inteligente**.

³² The Paris Agreement URL http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php

³³ Agenda da investigação e inovação: oportunidade para a Europa moldar o futuro, https://ec.europa.eu/info/publications/renewed-european-agenda-research-and-innovation-europes-chance-shape-its-future_en

³⁴ A European Research and Innovation Roadmap for Climate Services, <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/73d73b26-4a3c-4c55-bd50-54fd22752a39>

³⁵ Proposal of the European Commission Proposal for a decision of the European Parliament and of the Council on establishing the specific programme implementing Horizon Europe – the Framework Programme for Research and Innovation (7/6/2018)

A título de exemplo, uma das prioridades apontadas no Programa preliminar do HE é a I&I em mitigação das emissões no setor dos transportes: “Eletrificação de todos os modos de transporte (ex. baterias, pilhas de combustível, hibridização, entre outros) (...); novos combustíveis sustentáveis e novos veículos/navios/aeronaves inteligentes para padrões atuais e futuros de mobilidade e para a infraestrutura de apoio”. Este tópico será certamente do interesse da comunidade nacional de I&I da área da mobilidade, dada a capacidade já desenvolvida nesta área no nosso país³⁶. Alguns exemplos de prioridades que constam da proposta do HE em outros *clusters* e que demonstram a transversalidade do tema das Alterações Climáticas são: i) capacitação de sociedade para melhor gestão dos riscos de desastres (*cluster* ‘Sociedade inclusiva e segura’); ii) desenvolvimento de produtos industriais com emissões reduzidas ao longo do ciclo de vida (*cluster* ‘Digital e Indústria’); e iii) compreensão do papel dos oceanos para a mitigação e adaptação climática (*cluster* ‘Alimentação e Recursos Naturais’).

Além dos cerca de 100.000 M€ propostos para o HE, a Comissão Europeia providenciará outros 4.830 M€ para projetos de I&I, de demonstração de novas soluções, e de implementação de planos de ação ambiental e/ou climática dos Países-membros (“Projetos integrados”, escala multi-regional, nacional ou transnacional) **através do novo Programa LIFE para o período 2021-2027**³⁷. Os quatro objetivos definidos para o novo período são: a) a transição para uma economia de baixo carbono, sustentável e resiliente ao clima, reduzindo a perda de biodiversidade; b) apoiar a implementação das políticas e legislação da UE em matérias ambientais e climáticas, tanto no setor público como privado; c) melhorar a governança a nível ambiental e climático com envolvimento da sociedade civil, organizações não-governamentais (ONG) e ‘*players*’ locais; e d) apoiar a implementação do 7º Programa de Ação Ambiental.

A Comissão Europeia disponibiliza ainda apoios à inovação para a ação climática e sustentabilidade através da ‘Climate KIC – *Knowledge & innovation community*’, uma das 8 “Comunidades para a Inovação” integradas no EIT (*European Institute of Technology*)³⁸. **A missão da EIT Climate KIC é identificar e apoiar a inovação que contribui para a mitigação e adaptação às Alterações Climáticas, com vista a uma economia de carbono zero e uma sociedade resiliente ao clima**³⁹. Para atingir esse objetivo, a Climate KIC junta a academia com os setores público, privado e ‘*not-for-profit*’, de modo a que novos serviços e sistemas sejam desenvolvidos (com um apoio financeiro máximo do EIT de 25%) até chegarem ao mercado e criarem impacto. As quatro grandes áreas de atuação da Climate KIC são: Transições urbanas, Uso sustentável dos solos, Sistemas sustentáveis de produção, e Métricas financeiras e de decisão⁴⁰. A participação de Portugal na Climate KIC é coordenada pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa⁴¹.

Ainda no âmbito das Estratégias ao nível europeu no domínio da I&I em Alterações Climáticas, é de referir a iniciativa intergovernamental **JPI Climate** (*‘Joint Programming Initiative Connecting Climate Knowledge for Europe’*), que conta atualmente com 17 países membros ou associados, e ainda 4 países parceiros no âmbito da ERA-Net ERA4CS, como é o caso de Portugal, através da FCT e da FCIENCIAS.ID - Associação Para a Investigação e Desenvolvimento de Ciências, associada à Faculdade de Ciências da

³⁶ https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:7cc790e8-6a33-11e8-9483-01aa75ed71a1.0022.02/DOC_2&format=PDF

³⁷ “LIFE programme for 2021-2027: Financing environmental and climate objectives”, European Parliament Briefing 628.294, November 2018

³⁸ <https://eit.europa.eu/activities/innovation-communities>

³⁹ <https://eit.europa.eu/eit-community/eit-climate-kic>

⁴⁰ <https://www.climate-kic.org/who-we-are/making-an-impact/>

⁴¹ <https://www.climate-kic.org/countries/portugal/>

Universidade de Lisboa⁴². A *JPI Climate* procura alinhar prioridades nacionais de I&I dentro do Espaço Europeu no âmbito do clima, e promover a cooperação em I&I, tanto no Espaço Europeu, como com os restantes continentes.

Apesar da vulnerabilidade de Portugal às Alterações Climáticas e da participação do país no Projeto CIRCLE-2 ERA-Net, que precedeu e promoveu o desenvolvimento da *JPI Climate*, ao nível da sua coordenação, a participação de Portugal nesta última iniciativa intergovernamental ainda não foi possível.

Os três grandes desafios identificados pela *JPI Climate* para a I&I em Alterações Climáticas são: i) melhorar a compreensão dos processos e efeitos das Alterações Climáticas; ii) aumentar o conhecimento sobre as medidas e processos de tomada de decisão relacionados com o clima; iii) desenvolver a investigação sobre transformação societal sustentável no contexto das Alterações Climáticas⁴³.

Estes grandes desafios serão abordados por esta Agenda Temática no contexto nacional nos subcapítulos 4.1 (desafio i), 4.2, 4.3 e 4.4 (desafio ii), e 5.2 (desafio iii).

Simultaneamente, vários países estão a desenvolver estratégias e planos neste domínio com metas e prioridades, no âmbito de uma visão estratégica de travar ou diminuir os efeitos das Alterações Climáticas no médio e longo prazo a nível nacional, e mais especificamente ao nível dos principais setores atingidos: gestão da água e agricultura; biodiversidade e conservação da natureza; transportes; energia; produção e consumo de alimentos e gestão de desperdícios; setores industriais e ambiente urbano.

Os critérios de base para a seleção dos países analisados para este exercício foram:

- a. **Países e/ou estados com condições climáticas semelhantes a Portugal** (por exemplo, África do Sul, Califórnia, Espanha) e que representam zonas geográficas de maior vulnerabilidade aos efeitos adversos das Alterações Climáticas, nomeadamente a desertificação, a seca, os incêndios florestais e rurais, a erosão da costa, a subida do nível médio do mar, a diminuição da produtividade agrícola, a propagação de doenças transmitidas por vetores, perda de habitat e alterações na distribuição e abundância de espécies, entre outros^{44,45};
- b. **Países de referência em termos de I&I em Alterações Climáticas** (por exemplo, Dinamarca; Espanha; Holanda; Suécia) que partilham determinadas vulnerabilidades no domínio das Alterações Climáticas, nomeadamente ao nível das cidades, gestão de risco das inundações, incêndios (no caso da Espanha) e que partilham ainda com Portugal visões ambiciosas ao nível dos objetivos de redução de emissões de GEE e objetivos de neutralidade carbónica.

A África do Sul⁴⁶, Califórnia^{47/48}, Dinamarca⁴⁹, Espanha^{50/51/52}, Holanda^{53/54/55} e Suécia^{56/57} **Identificaram prioridades e/ou necessidades de I&I** que se centram fundamentalmente nas seguintes temáticas:

⁴² <http://www.jpi-climate.eu/programme/membercountries>

⁴³ Strategic Research & Innovation Agenda 2016 – 2025 of the Joint Programming Initiative Connecting Climate Knowledge for Europe (2016) URL: http://www.jpi-climate.eu/gfx_content/documents/JPI%20CLIMATE_SRIA_LR.pdf

⁴⁴ Giorgi F (2006) Climate change hot-spot. *Geophys Res Lett* 33: 1-4 doi:10.1029/2006GL025734

⁴⁵ Park C-E *et al* (2018) Keeping global warming within 1,5 constrains emergence of aridification. *Nature Climate Change* 8: 70-74 doi.org/10.1038/s41558-017-0034-4

⁴⁶ South Africa's 2nd Annual Climate Change Report. Pretoria: Department of Environmental Affairs. URL: https://www.environment.gov.za/sites/default/files/reports/southafrica_secondnational_climatechange_report2017.pdf

- **Estudos do Sistema Climático:** modelação climática, projeções e avaliação de impactos e vulnerabilidades, com o objetivo de compreender os ‘*feedbacks*’ do sistema Terra e os limites críticos de longo prazo (*‘tipping points’*) para diferentes níveis de aquecimento global, bem como a aumento do nível médio do mar e fusão dos gelos; modelos de alta resolução que ofereçam oportunidades para estudar determinados fenómenos climáticos, como chuvas de alta intensidade e condições de vento em terrenos complexos. Adicionalmente focam-se na necessidade de continuar a desenvolver *Earth System Models* que avaliem de forma integrada todo o sistema Terra. O objetivo é criar um conhecimento climático mais forte através das projeções com maior resolução temporal e espacial, que produza informação fidedigna e útil para desenvolver respostas de adaptação e mitigação;
- **Biodiversidade e serviços dos ecossistemas num clima em mudança:** visa melhorar a compreensão e prever os impactos (diretos e indiretos) das Alterações Climáticas e das alterações do uso do solo sobre os ecossistemas e a biodiversidade. Centram-se nas florestas, agricultura, e sistemas aquáticos, considerando múltiplas escalas (locais, regionais, nacionais e globais);
- **Ambiente urbano e clima - novas tecnologias urbanas para ‘*climate proof cities*’:** inovação tecnológica e não-tecnológica (por exemplo, social, institucional, novos modelos de negócio) ligada à gestão urbana, necessária para lidar com as mudanças demográficas, a gestão do uso e armazenamento de energia, a introdução de medidas de adaptação às Alterações Climáticas e a preparação das cidades para novas formas de mobilidade. Focam-se ainda na introdução de soluções baseadas na natureza (por exemplo, infraestruturas verdes e azuis) para fazer face às Alterações Climáticas em ambiente urbano;
- **Transição para um sistema energético sustentável:** foco em novas tecnologias reforçado com a perspetiva dos utilizadores, comportamento, mercado, instrumentos, e novos modelos de negócio relacionados com o setor da energia. Abordagem sistémica em que diferentes áreas e

⁴⁷ Climate Change Research Plan for California (2015). URL:

https://www.climatechange.ca.gov/climate_action_team/reports/CAT_research_plan_2015.pdf

⁴⁸ California’s 2017 Climate Change Scoping Plan.

URL: https://www.arb.ca.gov/cc/scopingplan/scoping_plan_2017.pdf

⁴⁹ The Danish Strategy for adaptation to a changing climate (2008). The Danish Government.

URL: http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/laws/1160_2008.pdf

⁵⁰ Spanish Climate Change and clean energy strategy. Horizon 2007-2012-2020. (2007)

URL: <http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/laws/1674%20English.pdf>

⁵¹ Estrategia Española de Ciencia Y Tecnología 2013-2020.

URL: http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/Estrategia_espanola_ciencia_tecnologia_Innovacion.pdf

⁵² Plan Estatal de Investigación Científica Y Técnica Y de Innovación 2017-2020.

URL: <http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Prensa/FICHEROS/2018/PlanEstatalIDI.pdf>

⁵³ Climate Agenda: Resilient, Prosperous and Green (2018). Ministry of Infrastructure and the Environment. URL:

<file:///C:/Users/vanja.karadzic/Downloads/climate-agenda-resilient-6-prosperous-and-green-def.pdf>

⁵⁴ Knowledge for Climate 2008-2014. <http://www.knowledgeforclimate.nl/>. URL: <http://edepot.wur.nl/340780>

⁵⁵ Dutch National Research Agenda: questions, connections, prospects.(URL:

<https://wetenschapsagenda.nl/publicatie/nationale-wetenschapsagenda-nederlands/>

⁵⁶ Sweden’s Seven National Communication on Climate Change (2018). Ministry of the Environment and Energy.

URL: https://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/application/pdf/6950713_sweden-nc7-1-swe_nc7_20171222.pdf

⁵⁷ Climate Research at Lund University - and in Sweden. Lund University (2016). URL:

https://www.sustainability.lu.se/sites/sustainability.lu.se/files/eng_climate_research_lund_university_and_sweden_2016.pdf

setores são analisados em relação aos atores, decisões, e objetivos políticos. Grande parte desta área de investigação concentra-se no aumento da quota-parte das energias renováveis, melhoria da eficiência energética através de novos produtos e serviços e reforço da capacidade das interligações energéticas;

- **A investigação** no âmbito da **redução das emissões de GEE**: foco em particular nos setores agrícola, da gestão de resíduos e florestas. Dada a urgência na redução da emissão de GEE à escala global^{58,59}, este é um objetivo transversal em todas as estratégias analisadas, com enfoque nos setores dos transportes, energia, agricultura, gestão de resíduos e industria;
- **Análise socioeconómica**: incluindo efeitos das Alterações Climáticas e das medidas de adaptação e mitigação, dirigida ao estudo dos efeitos diretos e indiretos da mudança do clima sobre o funcionamento da economia e a segurança das pessoas na sociedade. Uma destas áreas é a **economia circular**, com foco no *design* de produto, materiais inteligentes, reciclagem, entre outros, e incluindo análises de produção e consumo sustentável;
- Investigação nas áreas da **política das Alterações Climáticas, governação de sistemas de governo e governança, economia comportamental, ética, filosofia, psicologia, e investigação sobre 'agency'**: foco nos atores, instituições e processos sociais cada vez mais relevantes para entender as atividades de mitigação e adaptação às Alterações Climáticas;
- **Transição justa**: identificação de estratégias e formulação de políticas que procurem minimizar os impactos adversos das Alterações Climáticas sobre as pessoas e os seus direitos assegurando a equidade social. Esta perspetiva discute os riscos de ação e inação para identificar uma transição climática justa.



[Figura 2. Diferentes iniciativas internacionais no âmbito das Alterações Climáticas utilizadas na análise de benchmarking]

⁵⁸ Climate Change 2014 Synthesis Report - Summary for Policymakers. URL: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf

⁵⁹ IPCC Special Report: Global Warming 1,5°C. Summary for Policy Makers. <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/summary-for-policy-makers/>

Adicionalmente, dos documentos analisados destacam-se ainda os seguintes **fatores críticos** que foram, nestes países/estados, considerados como necessários na consideração do desenvolvimento de I&I no âmbito das Alterações Climáticas:

- **Investigação inter/transdisciplinar e maior integração com a sociedade:** promoção de projetos de I&I inter/transdisciplinares, incluindo projetos-piloto para desenvolver e testar inovação tecnológica e não-tecnológica; participação em infraestruturas internacionais de investigação, como por exemplo o ICOS ERIC (*Integrated Carbon Observing System – European Research Infrastructure Consortium*), o ECCSEL ERIC (*European Carbon Dioxide Capture and Storage Laboratory Infrastructure*) ou o eLTER ESFRI (*Integrated European Long-Term Ecosystem, Critical Zone & Socio-Ecological Research Infrastructure*);
- **Redes de colaboração - multi-atores e trans-setoriais:** a academia, as entidades públicas, as empresas privadas e organizações não-governamentais - para desenvolver e transmitir o conhecimento, promover a criação de negócios no âmbito da temática do ambiente e Alterações Climáticas. Alguns países (por exemplo, Suécia, Holanda) apoiam projetos-piloto que resultam da cooperação pública e privada; tal como incentivam a participação destas redes de colaboração nos eventos internacionais relacionados com as Alterações Climáticas, com o objetivo de capacitação, procura de financiamento, transferência de tecnologia, entre outros;
- **'Living labs' - laboratórios vivos:** envolvem a **colaboração ativa entre academia, empresas, entidades públicas, e sociedade**. Um laboratório vivo combina **inovação científica, social e tecnológica num único programa**: o objetivo é o de criar novos produtos (por exemplo, inovação tecnológica, *'app-based citizen science'*), tal como influenciar o comportamento dos utilizadores, tendo em conta que estão diretamente envolvidos no desenvolvimento de produto. A abordagem de laboratório vivo também funciona como uma ponte importante entre a investigação básica (por exemplo, Ciência do Clima, hidrologia) e aplicada (por exemplo, resiliência aos desastres naturais);
- **Transferência de tecnologia** (tecnologias *soft* e *hard*): no âmbito dos setores como agricultura, energia, ou redução do risco dos desastres naturais. A transferência de tecnologia é frequentemente combinada de forma integrada com a capacitação, para assegurar a sustentabilidade a longo prazo;
- **Consciencialização pública (educação; capacitação; participação):** consciência pública - através da educação, o acesso à informação, os *media*, participação pública e capacitação em novas competências - como parte fundamental dos esforços para atingir a redução das emissões de GEE, potenciar comportamentos que aumentem a resiliência ao clima e promover atividades de adaptação e mitigação;
- **Políticas públicas e legislação:** incentivos à I&I nesta área (por exemplo, financiamento e legislação facilitadora da implementação de projetos de demonstração e pilotos); instrumentos de política que apoiem diferentes formas de cooperação entre os agentes (trans-setorial), incluindo esforços para mobilizar financiamento adicional vindo do setor privado;
- **Comunicação sobre as Alterações Climáticas:** investir e criar estratégias para processos de valorização, comunicação e disseminação do conhecimento existente nesta área. Investir em novas formas de comunicação e de perceção pública das Alterações Climáticas, com o objetivo de atingir diferentes públicos-alvo.

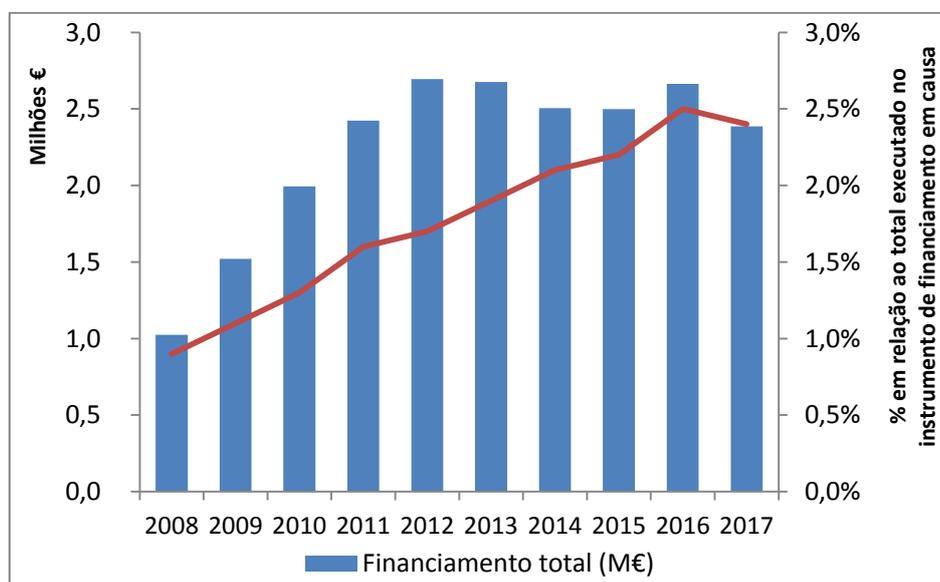
2.3 A Investigação e Inovação em Portugal nos últimos dez anos.

Com o objetivo de caracterizar a evolução e o desenvolvimento da capacidade científica e tecnológica nacional relacionada com a I&I na área das Alterações Climáticas, foram analisadas as bases de dados referentes aos projetos de I&I e à formação avançada (bolsas de doutoramento, pós-doutoramento e contratos de emprego científico), financiados pela FCT no período 2008- 2017.

Foram ainda analisados alguns indicadores associados a projetos apoiados pelo Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN, 2007-2014) e pelo Programa Portugal 2020 (PT2020), assim como projetos Europeus com participação nacional financiados pelo 7º Programa-Quadro de I&DT (7ºPQ) e pelo Horizonte 2020 (H2020).

A figura 3 apresenta a evolução da formação avançada nesta temática, em termos de **bolsas de doutoramento (BD) e pós-doutoramento (BPD) apoiadas pela FCT**. Entre 2008 e 2017, a FCT financiou um total de **308 bolsas** em áreas relacionadas com as Alterações Climáticas, correspondendo a um financiamento de cerca de 22,4 M€ e a cerca de 1,4% do total de bolsas concedidas pela FCT no período em causa.

A maioria destas bolsas foi enquadrada no domínio das ciências naturais (76,7%), seguida das ciências agrárias e veterinárias (13%) e das ciências sociais e humanidades (8,1%). A nacionalidade predominante dos bolseiros com acesso a bolsas foi a portuguesa (83%), seguida da espanhola (6,8%), francesa (1,6%) e italiana (1,6%). A principal instituição de atribuição dos respetivos doutoramentos foi a Universidade de Lisboa (31,8%), seguida da Universidade de Aveiro (18,0%) e da Universidade do Porto (11,4%).

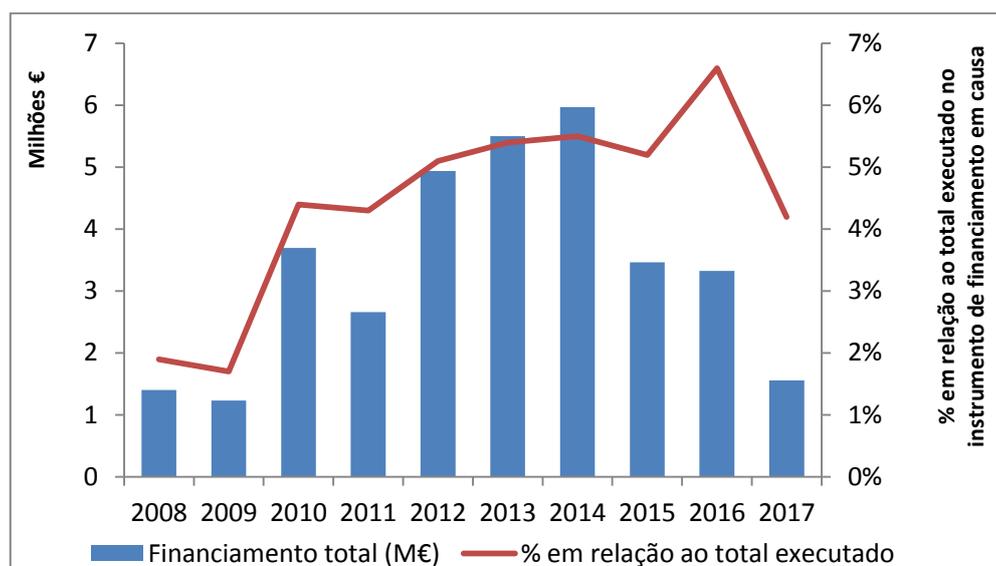


[Figura 3: Bolsas de doutoramento e pós-doutoramento atribuídas pela FCT, no tema das alterações climáticas, no período 2008-2017. O eixo vertical esquerdo representa o volume anual de financiamento, em M€, executado no âmbito das bolsas relativas ao tema alterações climáticas (barras). O eixo vertical direito representa a percentagem de financiamento atribuído a bolsas na temática das alterações climáticas relativamente ao total de bolsas financiadas anualmente pela FCT (linha). Os dados para 2017 são provisórios. Fonte: FCT]

Adicionalmente foram financiados 46 contratos de trabalho a investigadores doutorados a trabalhar em temas relacionados com as Alterações Climáticas, ao abrigo do **programa Investigador FCT** entre 2012 e 2015, período em que este programa esteve em vigor. Estes contratos envolveram um investimento total de cerca de 7,4 M€ (6,3% do total de financiamento concedido pela FCT no âmbito daquele

programa). A principal instituição de acolhimento destes investigadores foi a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (11 contratos, 23,9%), seguida do Instituto de Ciências e Tecnologias e Agroambiente (ICETA) da Universidade do Porto (6 contratos, 13,0%).

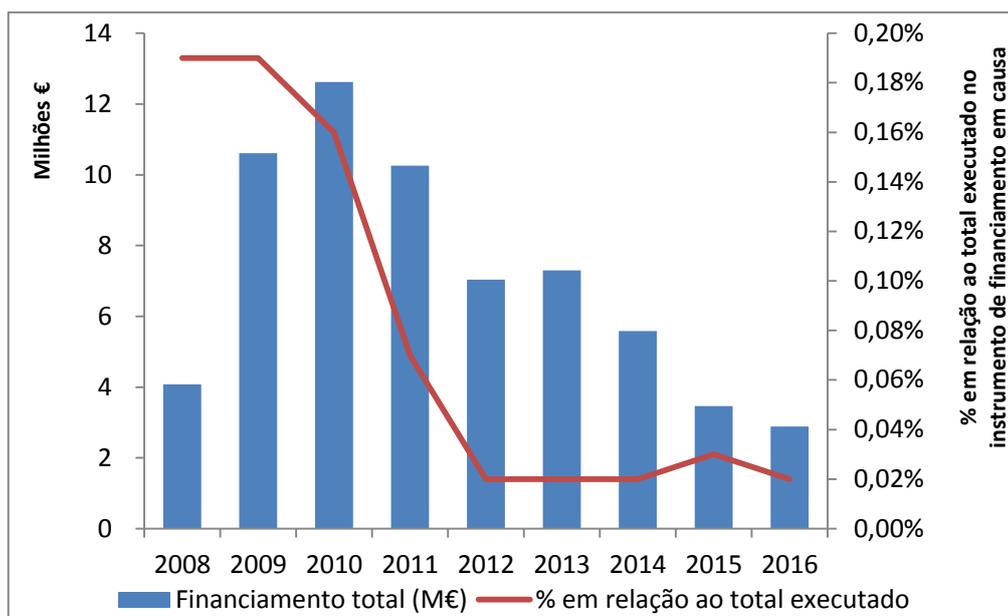
No período 2008 a 2017 foram financiados pela FCT **250 novos projetos de investigação** na temática das Alterações Climáticas. O financiamento dos referidos projetos atingiu cerca de 33,7M€ o que corresponde a cerca de 4,5% do total do financiamento executado para todas as áreas. Neste período verificou-se uma tendência crescente na percentagem de orçamento alocado aos projetos de I&I no âmbito das Alterações Climáticas face ao total de projetos financiados (ver figura 4).



[Figura 4: Financiamento da FCT para projetos I&D no âmbito das alterações climáticas. O eixo vertical esquerdo representa o volume anual de financiamento da FCT, em M€, executado no âmbito dos projetos de investigação relativos ao tema alterações climáticas (barras). O eixo vertical direito representa a percentagem de projetos no âmbito das alterações climáticas relativamente ao total de projetos financiados anualmente pela FCT para o período 2008-2017 (linha). Os dados para 2017 são provisórios. Fonte: FCT]

Em relação à afetação dos projetos de investigação financiados pela FCT a **painéis de avaliação** (por áreas científicas) entre 2008 e 2017, verificou-se que a maioria foi avaliada pelos painéis de ciências naturais (81,0%), seguida pelos painéis do domínio da engenharia e tecnologia (8,0%) e do domínio das ciências agrárias e veterinárias (6,1%). A instituição proponente com maior número de projetos financiados pela FCT neste período foi a Universidade de Aveiro (15,6%), seguida pela (extinta) Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (8,3%).

A nível de projetos apoiados no âmbito do **QREN e do PT2020** (nos casos onde a FCT não foi organismo intermédio) foram aprovados 19 projetos no período 2008-2016, abrangendo o tema Alterações Climáticas, envolvendo uma verba total de cerca de 63,8 M€ (ver figura 5).



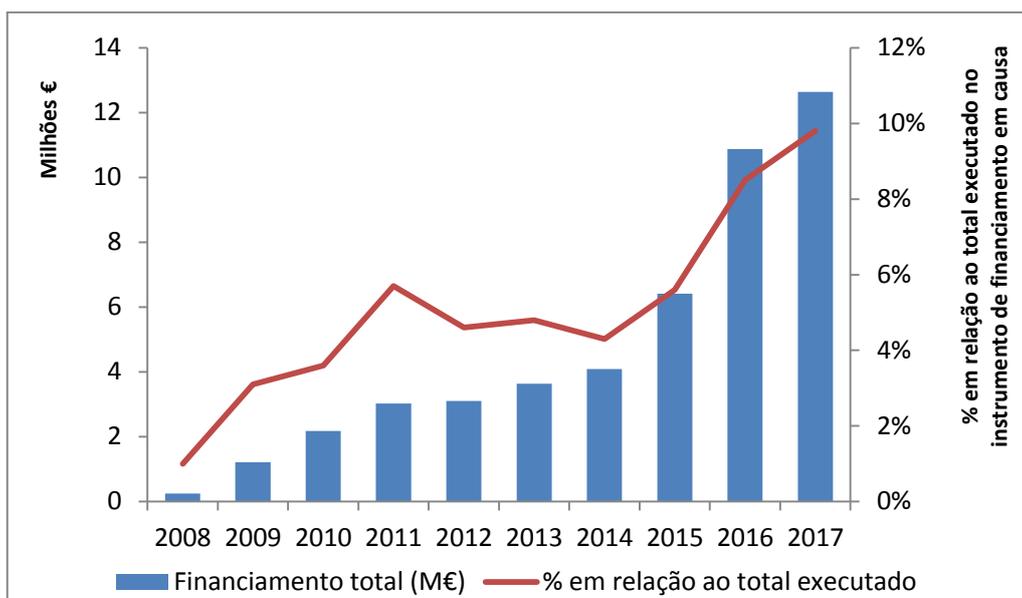
[Figura 5: Financiamento QREN⁶⁰ e PT2020 para projetos⁶¹ no âmbito das alterações climáticas. O eixo vertical esquerdo representa o volume anual de financiamento QREN e PT2020, em M€, executado no âmbito dos projetos relativos ao tema alterações climáticas (barras). O eixo vertical direito representa a percentagem de projetos no âmbito das alterações climáticas relativamente ao total de projetos financiados anualmente pelo QREN e PT2020 para o período 2008-2016 (linha). Fonte: COMPETE 2020]

Em termos de internacionalização de I&I nesta temática, a participação portuguesa em projetos financiados a nível da Comissão Europeia (CE) no 7º Programa-Quadro (7º PQ) e Horizonte 2020 (H2020) entre 2008 e 2017, abrangeu 160 projetos, correspondendo a cerca de 6,4% do total de projetos com participação portuguesa e a um financiamento total de 47,4 M€. Desses projetos, 12 tiveram liderança portuguesa e a média de entidades participantes cifrou-se em 18,8, tendo o número máximo sido atingido em 2016 (23,1).

Na figura 6 apresenta-se a evolução deste tipo de financiamento no período em causa, onde se verifica uma tendência crescente do peso do tema Alterações Climáticas no conjunto do financiamento atribuída pela CE a entidades nacionais.

⁶⁰ Quadro de Referência Estratégico Nacional (2007-2013)

⁶¹ QREN: 1.1.1.1 - I&DT Entidades do SCTN/Projectos Individuais; 1.1.1.2 - I&DT Entidades do SCTN/Projectos em Co-promoção; 1.1.3.1 - Promoção da cultura científica e tecnológica/Projectos Individuais; 1.1.7.1 - IC&DT Estratégicos e de Interesse Público/Projectos Individuais; 1.1.7.2 - IC&DT Estratégicos e de Interesse Público/Projectos em Co-promoção; 1.2.1.1 - I&DT Empresas/Projectos Individuais; 1.2.1.2 - I&DT Empresas/Projectos em Co-promoção; 1.2.1.3 - I&DT Empresas/Projectos Mobilizadores; 1.2.1.4 - I&DT Empresas/Vale I&DT; 1.2.1.5 - I&DT Empresas/Projectos Individuais/Regime Especial; 1.2.2 - I&DT Colectiva; 1.2.3.1 - Criação e Reforço de competências Internas de I&DT/Núcleos de I&DT; 2.1.1 - SI Inovação/Inovação Produtiva; 2.1.2 - SI Inovação/Projectos do Regime Especial; 2.1.3 - SI Inovação/Projectos de Interesse Estratégico; 2.1.4 - SI Inovação/Empreendedorismo Qualificado; 2.2.1 - SI Qualificação PME/Projectos Individuais e de Cooperação; 2.2.2 - SI Qualificação PME/Projectos Conjuntos; 2.2.3 - SI Qualificação PME/Vale Inovação; 2.3 - Projectos transitados do QCA III e, 5.1 - Sistema de Apoio a Acções Colectivas (SIAC). PT2020: 1.1.2 - I&DT - Copromoção; 1.1.2 - I&DT - Copromoção - RCI; 1.1.2 - I&DT - Individuais; 1.1.2 - I&DT - Individuais - RCI; 1.1.2 - I&DT - Núcleos; 1.1.2 - Inovação - Produtiva; 1.1.2 - Inovação - RCI; 3.3.1 - Inovação - Empreendedorismo; 3.3.1 - Inovação - Vales; 3.3.3 - Inovação - Produtiva; 3.3.3 - Inovação - RCI; 8.8.5 - Inovação - Empreendedorismo; 8.8.5 - Inovação - Produtiva; 8.8.5 - Inovação - RCI.



[Figura 6: Financiamento Europeu (7º Programa-Quadro e Horizonte 2020) de projetos de I&I no âmbito das alterações climáticas para o período 2008-2017 com participação Portuguesa. O eixo vertical esquerdo representa o financiamento anual em M€ para entidades nacionais no âmbito de projetos I&I europeus relacionados com alterações climáticas (barras). O eixo vertical direito representa a percentagem dos projetos do tema AC relativamente ao total de projetos com participação de entidades nacionais financiados anualmente pela Comissão Europeia. Os dados para 2017 são provisórios. Fonte: FCT/GPPQ]

O montante total executado no conjunto dos instrumentos de financiamento acima mencionados para a temática das Alterações Climáticas ascende a 174,7 M€.

De notar que o investimento da FCT em projetos nacionais no âmbito das Alterações Climáticas teve um peso inferior ao orçamento alocado por via internacional (considerando o universo de projetos europeus com participação nacional) no período de 2008-2017 (33,7M€ e 47,4M€, respetivamente). Já o volume de financiamento de projetos proveniente do QREN e PT2020 para este tema superou ambos os anteriores (63,8M€), mesmo se as Alterações Climáticas representam uma percentagem reduzida do financiamento para projetos QREN/PT2020. Tanto o financiamento atribuído por via do programa “Investigador FCT” como no âmbito da formação avançada para o tema Alterações Climáticas esteve bastante abaixo do peso do tema no que toca a projetos de investigação, tanto nacionais como europeus.

2.4 Diagnóstico do tema em Portugal

Ao longo da última década a temática das Alterações Climáticas registou em Portugal **um substancial e crescente interesse ao nível da Investigação**. Este incremento no interesse das diferentes comunidades científicas nacionais sobre esta área (tanto nas ciências naturais como sociais) está em linha com o resto da Europa e internacionalmente. Aliás, este interesse poderá ser considerado tanto um fator como um resultado da igualmente crescente participação da comunidade científica nacional em projetos e redes europeias e internacionais, assim como uma maior taxa de procura de fontes de financiamento fora de Portugal, em particular no pós-2008.

Já no que diz respeito à **Inovação** e apesar de alguns avanços assinaláveis em termos de tecnologias e sistemas focados no cumprimento das metas nacionais de mitigação e no desenvolvimento e introdução

de energias renováveis, o nosso país é ainda parco em desenvolvimentos significativos nesta matéria. No que diz respeito, por exemplo, à adaptação de sistemas e setores aos cenários das alterações climáticas, Portugal está ainda numa fase de estudo e planificação (muitas vezes liderada pela escala local) e por consequência ainda longe de uma verdadeira aposta na inovação tecnológica, de processos e de governação.

A I&I em Alterações Climáticas em Portugal tem assim registado um **crescimento sustentado** em novos projetos (nacionais e Europeus), em bolsas de formação avançada financiadas maioritariamente pela FCT e na participação dos investigadores e peritos nacionais em redes europeias e internacionais. Este conjunto de financiamentos e mecanismos de cooperação revestem-se de particular relevância uma vez que será ainda incipiente classificar o conjunto de investigadores e instituições nacionais que tem vindo a desenvolver trabalho nas várias áreas relacionadas com esta temática, como uma comunidade própria de I&I em Alterações Climáticas.

Trata-se sim, à semelhança do que ocorre na Europa, de uma **comunidade heterogénea**, composta por **múltiplas comunidades científicas pré-existent**s que encaram o recente desafio das Alterações Climáticas como uma nova e importante área do seu inquérito científico, pelo que o apoio à sua integração deverá ainda permanecer como fundamental durante um vários anos.

Destas áreas e comunidades realçam-se obviamente aquelas onde Portugal tem já uma presença importante na literatura científica internacional e em participação em redes de cooperação relevantes, como são os casos do **estudo do sistema climático e das suas interações com os restantes sistemas biogeofísicos**, da **mitigação e descarbonização dos setores energético e dos transportes**, e da **adaptação como um processo e mecanismo de resposta às Alterações Climáticas**⁶², em particular nas componentes dos serviços climáticos e da transição para uma sociedade mais resiliente.

Dada a atual caracterização da I&I nacional e sua relevância à escala europeia, as questões relacionadas com a **inovação tecnológica aplicada a produtos e processos** nomeadamente aqueles que se focam no **edificado e na mobilidade em áreas urbanas**, nos **sistemas florestais e agroflorestais** e na **gestão integrada dos recursos hídricos e das zonas costeiras**, entre outros, revestem-se de particular interesse como aposta de futuro para a I&I em Portugal.

Ainda em relação às áreas onde o desenvolvimento da I&I em Alterações Climáticas no nosso país deverá ser adicionalmente promovido, é clara a necessidade de aprofundar o **conhecimento de base e a capacidade de modelação** das **vulnerabilidades e dos impactos** sobre os múltiplos sistemas naturais, seminaturais e urbanos que caracterizam Portugal (e a zona mediterrânica) às alterações climáticas, incluindo abordagens baseadas na **integração e dinâmica de sistemas ambientais e socio-ecológicos**.

O breve diagnóstico aqui apresentado procurou contribuir para a identificação das diferentes áreas de Investigação (ver capítulo 4) e Inovação (ver capítulo 5) a serem desenvolvidas nesta agenda. Assim, e em conjunto com às áreas e temas de interesse do ponto de vista das políticas públicas (ver capítulo 3), procurou-se contribuir para uma identificação integrada das principais questões-chave de I&I que deverão ser respondidas durante a próxima década em Portugal.

No entanto, convém salientar que apesar do recente esforço de financiamento e de criação de mecanismos de cooperação internacional para esta temática em Portugal, existem ainda um alargado conjunto de **fatores críticos** para o desenvolvimento futuro da I&I nacional em Alterações Climáticas

⁶² Realça-se por exemplo o facto de Portugal ter recebido em Maio de 2019, a segunda maior conferência científica internacional (e a maior na Europa) sobre Adaptação às Alterações Climáticas (ECCA 2019: <https://www.ecca2019.eu/>).

(ver capítulo 6). Estes podem condicionar ou contribuir de forma muito significativa para o sucesso da operacionalização da visão e dos objetivos traçados na presente agenda pelo que deverão ser sempre tidos em conta no desenho e implementação das políticas públicas de I&I nacionais, no que às Alterações Climáticas diz respeito.

CAPÍTULO 3 – AS POLÍTICAS PÚBLICAS E A INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO NO TEMA DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM PORTUGAL

3.1 A Alterações Climáticas nas Políticas Públicas ao longo dos últimos dez anos

As políticas públicas nacionais em matéria de Alterações Climáticas têm acompanhado os esforços internacionais, tendo sido por vezes destacadas entre as melhores práticas. Para tal têm sido determinantes os compromissos políticos assumidos particularmente no contexto da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (CQNUAC) e mais recentemente, no quadro do Acordo de Paris.

O Acordo de Paris estabelece como objetivo da comunidade internacional limitar o aumento da temperatura média global a níveis bem abaixo dos 2°C acima dos níveis pré-industriais e prosseguir esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C reconhecendo que isso reduzirá significativamente os riscos e impactos das Alterações Climáticas. Neste contexto a comunidade internacional assumiu como um dos seus principais compromissos atingir um balanço neutro a nível global entre emissões e remoções antropogénicas na segunda metade do século.

Portugal esteve entre os primeiros países a ratificar o Acordo de Paris, o que demonstra o seu empenho na luta contra as Alterações Climáticas. Portugal assumiu, de forma clara, o compromisso da transição energética, com o objetivo de redução das suas emissões de gases com efeito de estufa. Assim, em consonância com os esforços em curso a nível internacional, Portugal comprometeu-se em 2016 a assegurar a neutralidade das suas emissões até ao final de 2050, traçando uma visão clara relativamente à descarbonização profunda da economia nacional, tendo sido desenvolvido o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050)⁶³.

Em Portugal, as políticas públicas sobre Alterações Climáticas são hoje parte integrante de um conjunto de políticas setoriais plenamente alinhadas com a visão e objetivos de médio e longo prazo da política climática europeia e com o Acordo de Paris.

Desde 2001, com a publicação da Estratégia Nacional para as Alterações Climáticas⁶⁴, diversas políticas climáticas foram desenvolvidas, contando-se entre elas 4 versões do PNAC – Programa Nacional para as Alterações Climáticas⁶⁵ dedicadas à componente de mitigação, e 2 versões da ENAAC – Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas⁶⁶ dedicadas à componente de adaptação. Com estas estratégias, planos e programas, foram postos em prática alguns dos instrumentos de combate às Alterações Climáticas destacados pelo IPCC⁶⁷, designadamente: mecanismos de internalização do preço do carbono (por exemplo, comércio de emissões, taxas sobre o carbono), abordagens regulatórias e informativas (por exemplo, rótulos energéticos), instrumentos económicos na forma de subsídios (por exemplo, descontos fiscais, isenções, subvenções).

No Conselho Europeu de 24 de outubro de 2014, os Chefes de Estado e Governo acordaram as metas para a política climática da União Europeia (UE) para o horizonte 2030 com vista a cumprir um objetivo vinculativo de, pelo menos, 40% de redução interna das emissões de GEE em toda a economia até 2030,

⁶³ RCM n.º 107/2019

⁶⁴ RCM n.º 59/2001

⁶⁵ RCM n.º 119/2004, RCM n.º 104/2006, determinação de elaboração pela RCM n.º 93/2010, RCM n.º 56/2015

⁶⁶ RCM n.º 24/2010, RCM n.º 56/2015

⁶⁷ IPCC (2014). Climate Change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri & L.A. Meyer (eds.)], pp. 151. Geneva, Switzerland: IPCC.

em comparação com os níveis de 1990. A meta europeia de pelo menos 40% de redução das emissões gases com efeito de estufa (GEE) até 2030 face a 1990 serviu como Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) da UE para a CQNUAC no âmbito do Acordo de Paris. De forma acessória à comunicação da meta global para a UE, o Conselho Europeu confirmou que esta meta será atingida coletivamente pela UE da forma mais custo-eficaz, devendo até 2030 a redução nos setores abrangidos pelo Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE) e não abrangidos por este regime (não-CELE) ser de 43% e 30%, respetivamente, em comparação com 2005.

À escala europeia, o CELE é o principal instrumento de política de mitigação das emissões de GEE. A aplicação do regime CELE teve o seu início em 2005, tendo sido recentemente publicada a Diretiva (UE) 2018/410 que regulará o regime CELE no período 2021-2030.

Os setores não-CELE foram igualmente regulamentados em 2018, a nível da UE, pelos Regulamentos Partilha de Esforços (ESR) e Uso de Solo, Alterações de Uso de Solo e Florestas (LULUCF). A proposta de regulamento ESR divide a meta global europeia em metas individuais vinculativas por Estado Membro e o Regulamento LULUCF estabelece um objetivo específico para o setor. Refira-se que já em 2015 Portugal havia estabelecido metas nacionais de redução de emissões mais ambiciosas com o horizonte 2030.

Adicionalmente, destaca-se o pacote “Energia Limpa para todos os Europeus”, concluído em maio de 2019, que integra 8 propostas legislativas, das quais se destaca, pela sua relevância em matéria de política climática, o Regulamento sobre a Governação da União da Energia e Ação Climática, cujo objetivo consiste em garantir coerência política entre as áreas de clima e energia na concretização das metas até 2030 e além. Neste contexto, os Estados membro deverão desenvolver planos nacionais integrados em matéria de energia e clima (PNEC), abrangendo as cinco dimensões da União da Energia: descarbonização (que inclui emissões de GEE e sumidouros e energias renováveis); eficiência energética; segurança de abastecimento; mercado interno da energia (que inclui interligações de eletricidade, infraestruturas de distribuição, integração de mercado e pobreza energética); e investigação, inovação e competitividade. A versão final do PNEC deverá ser submetida à Comissão Europeia até 31 de dezembro de 2019, tendo sido já disponibilizada uma versão para consulta pública⁶⁸.

O PNAC 2020/2030⁶⁹ aprovado em 2015 visou assegurar uma trajetória sustentável de redução das emissões nacionais de GEE, de forma a alcançar uma meta de redução de emissões de -18% a -23%, em 2020, e de -30% a -40%, em 2030, em relação a 2005, garantindo o cumprimento dos compromissos nacionais de mitigação e colocando Portugal em linha com os objetivos europeus nesta matéria. Definiu metas e estabeleceu linhas de orientação para políticas e medidas setoriais, e identificou um conjunto de opções a desenvolver em conjunto com os setores de política relevantes como transportes, energia, agricultura e floresta.

Estas metas foram já alteradas em consonância com o objetivo de atingir a neutralidade carbónica até 2050, estando atualmente definidas no RNC2050 metas de redução de emissões de GEE de -45% a -55%, até 2030, de -65% a -75%, até 2040, e de -85% a -90%, até 2050, em relação a 2005. O RNC2050 estabeleceu ainda os principais vetores de descarbonização e linhas de atuação para as próximas décadas, sendo que, a concretização das políticas e medidas para uma efetiva aplicação destas orientações, será feita no quadro do PNEC2030.

⁶⁸ Disponível em: <http://participa.pt/consulta.jsp?loadP=2585>

⁶⁹ Integrado na RCM n.º 56/2015

A ENAAC 2020⁶⁹ estabelece os objetivos, as atividades e o modelo de organização intersetorial e de funcionamento da estratégia até 2020, tendo em vista um país adaptado aos efeitos das Alterações Climáticas, através da contínua implementação de soluções baseadas no conhecimento técnico-científico e em boas práticas. Para este efeito, propõe-se melhorar o nível de conhecimento sobre as Alterações Climáticas, promover a integração da adaptação às Alterações Climáticas nas diversas políticas públicas e instrumentos de operacionalização, colocando um maior ênfase na implementação de medidas de adaptação.

O SPeM – Sistema Nacional para Políticas e Medidas⁷⁰ é um sistema de implementação obrigatória, essencial à avaliação do progresso alcançado em matéria de política climática e de reporte, através dos quais se demonstra o cumprimento das obrigações a nível da CQNUAC e comunitárias. Este inclui as disposições institucionais, jurídicas e processuais aplicáveis para avaliar as políticas e elaborar as projeções de emissões de GEE em resposta aos requisitos previstos no Regulamento (UE) n.º 525/2013 (MMR).

O SNIERPA⁷¹ tem o objetivo de apoiar a elaboração do Inventário Nacional de Emissões antropogénicas por fontes e Remoção por Sumidouros de Poluentes Atmosféricos de acordo com os requisitos e diretrizes comunitárias e internacionais relevantes (CQNUAC, Convenção sobre Poluição Atmosférica Transfronteira de Longo Alcance e Diretiva relativa aos Tetos Nacionais de Emissões) e assegurar a coerência, a comparabilidade, a exaustividade e o rigor das estimativas efetuadas, tendo em conta o princípio do custo-eficiência. Assim, são reportados anualmente as emissões de GEE e de outros poluentes atmosféricos a fim de permitir o estudo das metas a estabelecer e a verificação do respetivo cumprimento, com o objetivo de promover a proteção e a preservação da qualidade do ar ambiente e o combate às Alterações Climáticas.

Neste enquadramento de políticas revelou-se ainda a necessidade de promover a implementação de ações de adaptação às Alterações Climáticas com intervenção direta no território e nas infraestruturas. O Programa de Ação para a Adaptação às Alterações Climáticas (P-3AC), aprovado em Conselho de Ministros de 6 de junho de 2019, visa precisamente isso centrando-se na redução das vulnerabilidades principais do território nacional, aumentando a sua resiliência e contribuindo para o bem-estar da população. Para tal, o P-3AC constitui-se como um guia orientador no sentido de mobilizar instrumentos de financiamento a favor das 9 linhas de ação que integra, e apoiar exercícios de definição de políticas, de instrumentos de política e/ou de financiamento.

Dos instrumentos de política climática descritos acima, tanto a nível da mitigação como da adaptação, sobressai um aspeto comum a todos – o carácter intersetorial. Este facto é determinante na configuração dos instrumentos uma vez que se considera que a problemática das Alterações Climáticas não deverá ser tratada de forma isolada e independente mas sim de forma articulada promovendo a integração das questões climáticas nos respetivos enquadramentos institucionais de cada sector. Deste modo a política climática obriga ao estabelecimento de:

- Modelos de governação complexos com diversas entidades sectoriais envolvidas;
- Pontos de entendimento político entre ministérios diferentes;
- Políticas setoriais coerentes com os principais instrumentos de política climática;
- Mecanismos de articulação e coordenação eficientes;

⁷⁰ RCM n.º45/2016

⁷¹ RCM n.º 68/2005, reestruturado pela RCM n.º 20/2015

- Sistemas de partilha e reporte de dados e de informação eficazes.

A política climática nacional não se encontra circunscrita apenas aos instrumentos acima descritos. Diversos instrumentos e políticas sectoriais têm integradas, em maior ou menor grau, considerações associadas às Alterações Climáticas e/ou têm apresentado sinergias com a política climática. Tal é demonstrado pela evolução positiva no desenvolvimento das energias renováveis, no acondicionamento energético das habitações e nalgumas medidas de prevenção e resposta a catástrofes. Tal como nos restantes países, Portugal tem progredido principalmente na área da mitigação, onde mais recursos financeiros foram disponibilizados. Refira-se ainda que a maturidade das políticas setoriais depende muito de sector para sector e em função do domínio ser respeitante à mitigação ou à adaptação.

No âmbito da Prevenção e Combate de Incêndios Florestais, decorrendo de Resolução do Conselho de Ministros nº 159/2017, de 21 de outubro, e na sequência das recomendações do relatório da Comissão Técnica Independente que investigou os incêndios de Pedrogão Grande, a FCT lançou (em 2017 e 2018) dois concursos para projetos de Investigação Científica e Desenvolvimento Tecnológico no âmbito da Prevenção e Combate de Incêndios Florestais. Tais concursos tiveram lugar no quadro de um programa criado com base na referida Resolução nomeadamente com o objetivo de reforçar o desenvolvimento de atividades de I&I destinadas a incentivar e fortalecer competências e capacidades científicas e tecnológicas, assim como garantir a apropriação e incorporação de conhecimento científico no apoio à decisão em sistemas operacionais e facilitar a produção de novos conhecimentos orientados para a solução de problemas concretos e reais.

Também à escala Regional tem-se assistido a significativos desenvolvimentos em termos de políticas climáticas, tanto na vertente de resposta de adaptação como de mitigação. A **Região Autónoma dos Açores (RAA)** aprovou a sua Estratégia Regional para as Alterações Climáticas (ERAC)⁷² focando quer a mitigação como a adaptação. Com a finalidade de operacionalizar essa estratégia regional, o Governo Regional determinou a elaboração do Programa Regional para as Alterações Climáticas (PRAC)⁷³ cuja elaboração foi concluída no final de 2017, tendo sido aprovado em Conselho de Governo em julho de 2018. Atualmente o PRAC encontra-se em análise na Assembleia Legislativa Regional para posterior aprovação e publicação em decreto legislativo regional.

O PRAC constitui-se como um programa sectorial de ordenamento do território e apresenta elevada relevância estratégica, em termos regionais ou sectoriais, tendo em conta que permite quantificar e minimizar as emissões de gases com efeito de estufa e reduzir a vulnerabilidade e exposição aos riscos climáticos, aumentar a resistência a eventos meteorológicos extremos e/ou melhorar a capacidade de resposta em situação de emergência.

No que diz respeito à **Região Autónoma da Madeira (RAM)** foi promovido a realização do estudo CLIMAAT⁷⁴ para a avaliação dos impactos e medidas de adaptação às Alterações Climáticas, com base em cenários para diferentes setores de atividade considerados prioritários. A partir deste estudo⁷⁵ a RAA preparou a sua Estratégia de Adaptação às Alterações Climáticas da Região Autónoma da Madeira⁷⁶ que está a ser plenamente implementada através de um conjunto variado de medidas da responsabilidade

⁷² Resolução do Conselho de Governo n.º 123/2011, de 19 de outubro.

⁷³ Resolução do Conselho do Governo n.º 93/2014, de 28 de maio.

⁷⁴ CLIMAAT, 2006, Impactos e Medidas de Adaptação às Alterações Climáticas no Arquipélago da Madeira, Projecto CLIMAAT II, F.D. Santos e R. Aguiar (Editores), Direcção Regional do Ambiente da Madeira, Funchal.

⁷⁵ <http://clima-madeira.pt>

⁷⁶ <https://observatorioclima.madeira.gov.pt/>

de todas as Secretarias Regionais, assim como de várias ONG públicas e privadas com interesse na adaptação às Alterações Climáticas.

Adicionalmente a RAM está igualmente comprometida na vertente mitigação designadamente através do Memorando de Entendimento (MoU) - Liderança Subnacional Climática Global⁷⁷, que constitui uma declaração de intenção dos seus signatários em concertar todos os esforços para reduzir em 80-95% as suas emissões de CO₂ até 2050.

Importa ainda destacar que à escala subnacional tem-se vindo a registar uma crescente preocupação com o tema, resultante de estímulos europeus (por exemplo, Pacto dos Autarcas) e nacionais (por exemplo, Programa AdaPT), que se traduziram no desenvolvimento de estratégias locais e ações de mitigação/adaptação. Do impulso marcado pelo projeto ClimAdaPT.Local, onde foram desenvolvidas 27 Estratégias Municipais de Adaptação às Alterações Climáticas, foi despertado o interesse das Comunidades Intermunicipais nesta área estando presentemente quase todas a desenvolver planos e estratégias de adaptação às Alterações Climáticas no seu âmbito geográfico.

3.2 Desafios para a Investigação e Inovação

A inovação e investigação são também aspetos fundamentais para o sucesso do Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050), do Programa de Adaptação às Alterações Climáticas (P3AC) e Plano Nacional Energia-Clima 2030 (PNEC2030). A melhoria do conhecimento é determinante para a eficácia das ações que decorrerem destes instrumentos, permitindo que estas possam ser melhor projetadas e que possam evidenciar adequadamente os seus efeitos na redução de vulnerabilidades e melhoria de resiliência.

Algumas das áreas de melhoria de conhecimento com esse potencial surgem ao nível dos cenários climáticos e da redução da incerteza, das técnicas e boas práticas de adaptação, bem como nos sistemas de monitorização, alerta e resposta, especialmente em matéria de fenómenos extremos, nomeadamente:

- **Desenvolvimento de tecnologias mais eficientes** e de tecnologias de aproveitamento de energias renováveis, para fazer face às condicionantes inerentes à economia de baixo carbono ou carbono neutro;
- **Apoio à análise técnica de suporte à definição de metas de redução de emissões** mais ambiciosas, incluindo respetivos efeitos socioeconómicos;
- **Melhoria das metodologias de estimativa de emissão de GEE** por forma a garantir melhor monitorização e avaliação de eficácia da política climática;
- **Melhoria do conhecimento e gestão de incertezas ao nível de cenários e projeções climáticas** por forma a suportar a tomada de decisão;
- **Melhoria do conhecimento ao nível dos impactos** associados às Alterações Climáticas para efeitos de integração de medidas de adaptação nos exercícios de planeamento à escala subnacional;
- **Melhoria do conhecimento ao nível dos principais desafios socioeconómicos** à implementação da política climática e de medidas de mitigação e de adaptação;
- Desenvolvimento de **sistemas mais eficientes de organização e partilha de informação**.

⁷⁷ <https://www.under2coalition.org/project/transparency>

PARTE II - ÁREAS DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO EM ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

CAPÍTULO 4 – SUBTEMAS DE INVESTIGAÇÃO EM ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

4.1 O SISTEMA CLIMÁTICO E AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

4.1.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

A região Mediterrânica, estendendo-se até ao extremo oeste da Península Ibérica, há muito que tem sido apontada como *hotspot* climático dada a sua particular vulnerabilidade às alterações climáticas. As observações das alterações na circulação global da atmosfera, consistentes com projeções de diferentes modelos para vários cenários de emissões, indicam um alargamento da célula de Hadley acompanhada da migração das depressões das latitudes médias na direção dos polos. Como consequência, a Europa do Sul apresenta uma tendência crescente, à semelhança de outras regiões do mundo em situação semelhante, a ficar cada vez mais exposta a períodos de seca prolongada que por sua vez poderão favorecer a ocorrência de ondas de calor com maior frequência e intensidade. De um modo geral, a vulnerabilidade do território nacional a fenómenos extremos, que não se esgota nos já referidos, tende a aumentar. Estão a observar-se alterações nos padrões de circulação atmosférica que determinam os regimes de precipitação e que têm como consequência uma maior variabilidade sazonal e interanual da precipitação. A precipitação média anual tem tendência a continuar a diminuir embora com diferenças assinaláveis em termos percentuais entre a região norte e sul. Situações extremas de precipitação muito intensa ou queda de granizo, com eventuais cheias repentinas, tenderão a ser mais frequentes.

Sendo o objeto da ciência climática o Sistema Terra Global é essencial perceber e monitorizar com grande rigor os impactos das Alterações Climáticas ao nível continental a regional. O Sistema Climático é complexo e um dos principais desafios para a próxima década passa pelo aperfeiçoamento de modelos climáticos, em particular dos processos em que o grau de incerteza ainda é significativo. Neste contexto, e sem pretendermos que esta lista seja exaustiva, podemos apontar como temas que irão mobilizar a comunidade científica internacional a representação do forçamento radiativo de nuvens e aerossóis, a interação oceano - atmosfera, o ciclo do carbono, e, de uma forma geral, o aumento da resolução espacial de modelos globais. A validação destes é baseada na sua capacidade em reproduzir o clima passado. Será, portanto, crucial investir em dados de referência constituídos por observações convencionais, dados e produtos de satélite e reanálises, devendo estas últimas resultar da assimilação de observações por modelos estado-da-arte do Sistema Terra. Várias equipas em Portugal têm vindo a desempenhar um papel relevante no tratamento de dados de satélite para o cálculo de diversas variáveis (biogeofísicas, e em particular no cálculo de *Climate Data Records* (CDRs) que visam a monitorização do clima e a avaliação de modelos por parte da comunidade científica nacional e internacional. A recolha e análise de dados que permitam o estudo da variabilidade climática em períodos isentos de impacto antrópico é fundamental para a compreensão da resposta dos vários subsistemas à variação natural, e a por em perspetiva o impacto das emissões de GEE.

Sendo essencial o desenvolvimento de modelos globais do Sistema Terra, o estudo da variabilidade climática a escalas locais a regionais, para uma análise detalhada da evolução de regimes de temperatura e precipitação, e da ocorrência de fenómenos extremos, ainda exige o *downscaling* (regionalização) de projeções climáticas de modelos globais. Estes processos de *downscaling*, podendo ser estatísticos, são cada vez mais feitos com recurso a métodos dinâmicos, nomeadamente através de modelos climáticos regionais. À imagem do que tem vindo a ser desenvolvido nos últimos anos, será importante a comunidade científica nacional garantir projeções regionais baseadas em modelos estado-da-arte e a cobrir todo território português, incluindo as regiões insulares. Além da caracterização dos impactos das Alterações Climáticas projetados pelos diversos modelos globais e regionais, importa diagnosticar as respetivas representações dos balanços de água, carbono e energia, a diferentes escalas espaciais.

As projeções de modelos climáticos para períodos que se estendem para além do século XXI indicam que as alterações no clima do planeta irão persistir por vários séculos, mesmo se se suprimissem totalmente as emissões de gases de efeito estufa na próxima década. O estudo e compreensão das trajetórias climáticas ao longo dos próximos séculos, tendo em conta os vários mecanismos de *feedback* no Sistema Climático e a identificação de pontos de não retorno, constitui um dos temas críticos da Ciência do Clima, a que a comunidade nacional não deverá ser indiferente.

O avanço científico é feito através de um trabalho coletivo, pelo que a comunidade nacional deve aprofundar ligações com a comunidade científica internacional nas áreas da modelação global e regional e da observação e monitorização do clima. São várias as pontes existentes, com colaborações no âmbito de vários programas internacionais conforme referido no ponto 4.1.2. Haverá que garantir a participação das equipas portuguesas nestas e em outras redes que, entretanto, sejam criadas.

4.1.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos

A Ciência do Clima é um tema de investigação vasto, sendo objeto a nível mundial de um número muito elevado e crescente de artigos científicos com sistema de arbitragem por pares. De acordo com a base de dados Scopus sob o tema '*climate change*' o número de publicações aumentou muito a partir de 2000 e atualmente situa-se em mais de 13 000 artigos por ano. Salienta-se a produtividade de equipas nacionais, com um grande número de artigos publicados em revistas de elevado impacto.

O Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC), criado em 1988 numa iniciativa conjunta entre a Organização das Nações Unidas e a Organização Meteorológica Mundial, tem como um dos seus principais objetivos proceder a avaliações regulares do conhecimento científico relevante para o estudo do clima e das Alterações Climáticas. O relatório de avaliação mais recente (Fifth Assessment Report, AR5), publicado entre 2013 e 2014, apresenta uma visão atualizada do estado da arte nesta matéria. As conclusões do AR5, que a seguir se resumem, baseiam-se em inúmeros estudos do clima e respetiva variabilidade a diferentes escalas espaço-temporais assentes na análise de observações (diretas ou indiretas) de variáveis climáticas e no desenvolvimento de modelos capazes de as reproduzir, através da simulação dos vários fenómenos físicos e químicos que ocorrem no Sistema Climático.

A recolha e tratamento de observações do Sistema Climático permitem concluir inequivocamente que o aquecimento à superfície da Terra é real e que muitas das alterações registadas, particularmente desde os anos 50 do século passado, não têm paralelo no último milénio. A concentração de gases de efeito estufa, particularmente dióxido de carbono e metano, na atmosfera atingiu os níveis mais elevados nos últimos 800 000 anos. Estes valores apontam para uma clara influência humana no Sistema Climático, considerando-se que o forçamento radiativo induzido por estes gases é a principal causa do aumento significativo da temperatura média das camadas inferiores da atmosfera e também dos oceanos. Estes são responsáveis por 90% do excesso de energia armazenada no Sistema Terra nas últimas décadas devido à intensificação do efeito estufa, com a contribuição positiva do feedback do vapor de água. Também como consequência direta do aquecimento global, que tem sido particularmente pronunciado nas regiões polares, tem vindo a observar-se uma diminuição da massa de gelo nas calotes da Gronelândia e Antártida. De igual modo, tem diminuído a massa total de glaciares de forma global, bem como a cobertura de gelo flutuante no mar Ártico, com forte impacto na circulação termoalina e consequentemente no transporte de calor para os polos. O nível médio do mar aumentou cerca de 19 cm entre 1901 e 2010 por efeito de expansão térmica e, em menor escala, pela diminuição do gelo continental. Porém, atualmente a contribuição da diminuição do gelo continental já ultrapassou a que resulta da expansão térmica.

O AR5 conclui de forma inequívoca que as Alterações Climáticas, ao longo do último século, têm uma componente de origem antropogénica. Os modelos climáticos têm vindo a ser sistematicamente aperfeiçoados e permitem-nos afirmar com grande confiança que a manutenção de emissões de gases de efeito estufa irá acentuar o aquecimento global, com efeitos de longa duração em todos os componentes do Sistema Climático.

Durante os últimos 10 anos, vários grupos de investigação nacionais têm contribuído com inúmeros estudos nesta temática, alguns deles citados no AR5. Entre muitos outros, poderemos referir trabalhos de referência sobre padrões de larga-escala na atmosfera e teleconexões, interação oceano-atmosfera e superfície terrestre-atmosfera, ciclo da água, ciclo do carbono, tendências de temperatura e precipitação à escala continental e regional. O envolvimento de investigadores nacionais em cada vez mais projetos e programas internacionais (por exemplo, Euro-CORDEX e GEWEX, ambos patrocinados pelo *World Climate Research Program*, ou EC-EARTH) é também consequência do crescente impacto do trabalho e publicações nacionais.

As observações obtidas a partir de satélites de Observação da Terra, dada a sua cobertura espacial e granularidade temporal, são cada vez mais consideradas como um meio particularmente útil para a monitorização do clima. Programas como o *Climate Change Initiative*⁷⁸ da ESA, ou *Copernicus Climate Change Service*⁷⁹ da UE têm vindo a trabalhar na produção de variáveis climáticas essenciais (ECVs) a partir de dados de deteção remota e respetivas aplicações, atividades em que também têm estado envolvidas várias equipas nacionais.

4.1.3 As questões-chave para uma agenda de investigação

Ao procurar propor uma agenda de investigação para Portugal neste subtema, importa não a limitar a tópicos de investigação que apenas digam respeito ou sejam de interesse específico para o país. Sem uma prática de investigação abrangente e de valor universal não existem condições para abordar com êxito os temas de investigação mais diretamente relacionados com o caso de Portugal.

A complexidade do Sistema Climático resulta essencialmente de ser formado por vários subsistemas – atmosfera, hidrosfera, criosfera, biosfera e litosfera – que interatuam entre si através de processos físicos e biogeoquímicos, em diferentes escalas espaciais e temporais. O conhecimento deste sistema, da sua dinâmica e da sua evolução ao longo da história da Terra é fundamental para poder abordar as questões relativas à problemática das Alterações Climáticas de origem antropogénica tanto no que respeita à mitigação como à adaptação. Apesar do avanço do conhecimento sobre o Sistema Climático há ainda muito desconhecimento e incerteza. Existe ainda muita incerteza sobre as características e a evolução temporal dos forçamentos que atuam sobre o Sistema Climático, a possibilidade de induzirem mudanças abruptas do clima e a forma como as Alterações Climáticas resultantes dos vários forçamentos, incluindo os antropogénicos se vão manifestar à escala local e regional e nas escalas temporais das décadas, séculos e milénios.

O estado-da-arte da Ciência do Clima indica que, sem prejuízo de outras áreas relevantes, existe a necessidade de desenvolver a investigação nacional e melhorar o conhecimento sobre o Sistema Climático e as Alterações Climáticas, nos seguintes tópicos:

- 1. Conhecimento das mudanças climáticas transientes**, em particular à escala decadal, e da sua dependência na circulação oceânica, no transporte de calor e nas mudanças dos regimes de

⁷⁸ <http://cci.esa.int/>

⁷⁹ <https://climate.copernicus.eu/>

circulação geral da atmosfera;

2. **O estudo de escalas temporais longas** - seculares, milenares e até orbitais - é fundamental para compreender a resposta dos vários subsistemas à ação de um ou mais fatores forçadores, quer externos, quer internos ao Sistema Climático;
3. **Observações e estudos relativos ao forçamento radiativo dos aerossóis** e projeção da sua evolução futura;
4. **Conhecimento dos processos de nucleação das nuvens, dos processos de precipitação**, das interações entre os aerossóis e as nuvens e os respetivos forçamentos radiativos;
5. **Observações e conhecimento dos mecanismos e da dinâmica a curto, médio e longo prazo dos gelos das regiões polares**, por forma a compreender a resposta ao forçamento provocado pela intensificação antropogénica do efeito de estufa atmosférico;
6. **Observações e conhecimento da dinâmica do oceano**, incluindo as correntes oceânicas, a circulação termoalina e a projeção da variação do nível médio global do mar face à intensificação antropogénica do efeito de estufa atmosférico;
7. **Conhecimento dos processos e retroações envolvidos no ciclo de carbono e desenvolvimento de modelos que os simulem no contexto das Alterações Climáticas**, incluindo o estudo do impacto de alterações no uso do solo nos fluxos de carbono e água à superfície, as componentes biológicas e físicas da bomba de carbono nos oceanos e respetivos impactos a nível regional e global;
8. **Conhecimento do ciclo da água no contexto dos forçamentos provocados pelas alterações globais**, incluindo as Alterações Climáticas e o uso humano da água, em particular no que respeita à frequência e intensidade dos eventos extremos e alterações dos regimes de precipitação.
9. **Conhecimento e modelação da interação entre o clima e a biosfera** e em especial de como os sistemas florestais e agrícolas, as pescas e os ecossistemas naturais terrestres e marinhos, incluindo a biodiversidade a eles associada, respondem às variações de temperatura, precipitação e aumento da concentração do CO₂ atmosférico associadas às Alterações Climáticas, à escala local, regional e global;
10. **Conhecimento da acidificação do oceano e dos seus efeitos** nos ecossistemas marinhos e costeiros e nas pescas;
11. **Conhecimento da paleoclimatologia com especial relevância para o estudo da resposta do Sistema Climático** no passado, durante períodos em que a temperatura e CO₂ aumentaram drástica ou rapidamente;
12. **Aperfeiçoamento dos esquemas numéricos para a representação de processos associados ao Sistema Climático e às suas componentes**, dos modelos climáticos globais e das metodologias de regionalização, que nos permitam o estudo de fenómenos extremos, e em particular a frequência e intensidade de extremos climáticos compostos, tais como ondas de calor e secas.

4.2 IMPACTOS, VULNERABILIDADES E RISCOS EM SISTEMAS E SETORES

4.2.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

Compreender a forma como as Alterações Climáticas irão afetar os sistemas naturais e humanos constitui um dos maiores desafios que atualmente se colocam à comunidade científica global. Aumentar o conhecimento sobre estes impactos requer não apenas a projeção e previsão da magnitude, localização, e ocorrência temporal das condições climáticas futuras, mas também um conhecimento profundo sobre as características e o funcionamento dos sistemas. É com base neste conhecimento, e na redução ou gestão das respetivas incertezas, que a avaliação dos riscos e vulnerabilidades dos sistemas pode ser eficaz. Acresce que, dado o cariz transversal, multissetorial, e multinível dos impactos das Alterações Climáticas, a sua análise não é independente das políticas, processos de decisão, tecnologias, e da organização institucional, social e comportamental.

À comunidade científica cabe produzir informação, conhecimento e instrumentos de apoio à decisão que permitam aos agentes técnicos e políticos antecipar, prevenir e minimizar os impactos das Alterações Climáticas, assim como promover novas epistemologias coletivas. Assim, a análise da cadeia de interações complexas entre processos biogeofísicos e socioeconómicos, que liga o clima e seus efeitos, requer o desenvolvimento de modelos que permitam identificar e avaliar os riscos e os impactos para vários cenários plausíveis. Desta forma será possível analisar opções de adaptação e mitigação, e implementar políticas adequadas às condições biofísicas, sociais e económicas do país, aumentando a resiliência às Alterações Climáticas.

Caixa 1 (4.2.1): Fenómenos climáticos

- Aumento das temperaturas médias, mínimas e máximas
- Aumento da frequência e duração das ondas de calor;
- Aumento da frequência e intensidade de períodos de seca e escassez de água;
- Alteração dos padrões de precipitação;
- Alteração dos padrões de vento;
- Subida do nível médio do mar;
- Aumento da temperatura da água do mar;
- Alteração da circulação oceânica.

Apesar de na comunidade científica haver um consenso alargado sobre a evolução (qualitativa) de alguns dos principais indicadores climáticos (Caixa 1), persiste ainda um substancial grau de incerteza sobre os seus impactos nos sistemas naturais e humanos, não só ao nível da quantificação, mas também da abrangência espacial e temporal, do detalhe e da diversidade.

Assim, a I&I a desenvolver na próxima década devem ter como objetivo primordial aumentar a qualidade das projeções relativas a impactos das Alterações Climáticas, de modo a melhorar a fiabilidade e utilidade das avaliações de risco no processo de apoio à decisão. O sucesso no cumprimento deste objetivo é um fator determinante para a otimizar eventuais intervenções nos sistemas naturais e humanos e para incrementar a sustentabilidade e a capacidade produtiva do capital natural do país, com aumento do bem-estar social.

Os tópicos de investigação a abordar foram organizados de acordo com dois eixos principais (ver tabela 4.1):

1. **Melhoria do conhecimento** sobre as características, requisitos e funcionamento dos sistemas e seus componentes perante cenários climáticos;
2. **Desenvolvimento de metodologias** de projeção e avaliação multissetorial dos impactos biogeofísicos, sociais e económicos, com análise dos vários cenários de alteração climática no espaço e no tempo e redução de incertezas.

4.2.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos

Na última década, os estudos sobre os impactos, vulnerabilidades e riscos associados às Alterações Climáticas apresentaram um crescimento muito significativo. A comunidade científica portuguesa acompanhou o desenvolvimento da investigação realizada a nível internacional sendo que, presentemente, grande parte da investigação é efetuada no contexto de redes científicas internacionais, e, em algumas áreas, constitui-se mesmo como uma referência a nível mundial.

Caixa 2 (4.2.2): Domínios de Investigação

- a. Sistemas naturais
 - Meios terrestre, lacustre e fluvial
 - Meios costeiro e oceânico.
- b. Sistemas geridos por ação antrópica
 - Recursos hídricos
 - Agricultura, florestas, agropecuária e pescas
- c. Sistemas humanos e ambiente construído
 - Transporte e comunicações
 - Atividades económicas
 - Cidades
 - Organização Social
 - Energia
 - Saúde

Os desenvolvimentos científicos observados beneficiaram não só da definição de uma política científica favorável, mas também dos recentes avanços tecnológicos associados ao desenvolvimento de sistemas de observação por satélite e *in-situ*, à modelação computacional e a ferramentas de gestão e análise de grandes volumes de dados.

Considerando o espectro alargado de temáticas que se enquadram nos eixos de investigação propostos, optou-se por efetuar uma síntese estruturada em três domínios, subdivididos num conjunto de setores considerados estratégicos e, tanto quanto possível, alinhados com aqueles definidos pelo IPCC e pela ENAAC (Caixa 2).

No entanto, pode considerar-se, que para além de avanços específicos em cada domínio, na última década consolidou-se uma abordagem multissetorial com integração de diversas escalas; emergiram temas relacionados com os efeitos de retroação entre sistemas; e promoveu-se a participação dos atores interessados no processo de investigação.

Sistemas naturais

No que se refere aos meios terrestre, lacustre e fluvial, na última década, verificou-se um aumento da capacidade de projeção e cenarização dos impactos das Alterações Climáticas sobre a distribuição de espécies e funcionamento de ecossistemas terrestres através dos modelos de distribuição de espécies (*species distribution models* - SDM).

Já nos meios costeiro e oceânico a investigação tem beneficiado não só do enquadramento internacional (por exemplo, *International Geosphere-Biosphere Programme* - IGBP⁸⁰, no *International Ocean Discovery Program* - IODP⁸¹ e no *European Multidisciplinary Seafloor and water-column Observatory* – EMSO⁸²) mas também de desenvolvimentos tecnológicos como a rede Argo⁸³, ROVs⁸⁴, AUVs⁸⁵ e *gliders*⁸⁶ e de modelos oceanográficos e biogeoquímicos à escala global e regional (Chassignet 2007, Stock *et al.* 2014). As melhorias dos sistemas de observação da zona costeira permitiram ainda obter uma perspetiva integrada no espaço e no tempo da evolução destas zonas (por exemplo, projeto

⁸⁰ <http://www.igbp.net/>

⁸¹ <https://www.iodp.org/>

⁸² <http://emso.eu/>

⁸³ <https://www.euro-argo.eu/>

⁸⁴ *Remotely operated underwater vehicle*

⁸⁵ *Autonomous underwater vehicle*

⁸⁶ *Heavier-than-air aircraft primarily intended for unpowered flight*

Co-ReSyF⁸⁷; Barton *et al.* 2013, Lemos e Pires 2004, Ferreira *et al.* 2008, Pérez *et al.* 2010, Pires *et al.* 2015).

De notar que o acoplamento dos modelos oceanográficos com modelos de resposta morfológica, assim como a integração de atores no processo de tomada de decisão, permitiram melhorar de forma substantiva a avaliação dos riscos costeiros em cenários de alteração climática em Portugal (por exemplo, projetos ANCORIM, MICOPE, RISC-KIT e MarRisk). Existem ainda uma série de trabalhos desenvolvidos nas últimas décadas que interligam o oceano e o continente e permitem comparar diretamente, sem a dualidade cronológica associada, os registos a várias escalas temporais: decadal; secular e milenar; e que permitem explorar e propor cenários (por exemplo, projetos HOLSMEER⁸⁸, SEDPORT⁸⁹, Oliveira *et al.*, 2017, Abrantes *et al.*, 2017 e Naughton *et al.*, 2019).

Sistemas geridos por ação antrópica

A disponibilização de conjuntos de cenários climáticos produzidos por modelos globais e regionais permitiram melhorar o conhecimento sobre as principais tendências climáticas (e respetivas incertezas) e sobre os possíveis impactos na qualidade, quantidade e distribuição dos recursos naturais: hídricos (superficiais e subterrâneos), florestais, agrícolas, agropecuários e piscícolas. Foram ainda efetuadas avaliações de custos associados aos impactos da tendência antecipada de agravamento de riscos hidrológicos de cheia ou de seca, os quais afetam também os padrões ecológicos de distribuição de espécies, incluindo as de interesse económico. Além disso, os avanços recentes nos setores de pescas, agricultura, florestas e de uso do solo em Portugal têm beneficiado de capacidades acrescidas de observação por satélite e de análise e manipulação de grandes volumes de dados. Estas capacidades suportam o desenvolvimento de novos modelos de dinâmica da paisagem e também dos recursos biológicos, terrestres e marinhos, assim como da aptidão presente e futura para a produção sustentável de serviços, com integração multissetorial.

Sistemas humanos e ambiente construído

Alguns temas de investigação relevantes nos últimos anos foram determinados pelo facto de diferentes infraestruturas terem sido danificadas pelos impactes decorrentes de condições climáticas extremas, provocando elevados custos diretos e indiretos para os utentes, as administrações e a sociedade em geral. Assim, desenvolveram-se tópicos de investigação sobre transportes integrados, inteligentes e verdes; impactos dos eventos meteorológicos extremos nos transportes; e resiliência perante eventos extremos, naturais ou provocados pelo Homem. Já no âmbito de projetos como o CHANGE⁹⁰ e o ClimAdaPT.Local⁹¹, foram desenvolvidos estudos sobre as perceções de várias comunidades populacionais relativamente aos impactos das Alterações Climáticas e às suas vulnerabilidades⁹², incluindo grupos sociais em especial situação de risco, como várias comunidades costeiras⁹³ e as crianças⁹⁴. Além disso, uma vez que a escala local e os municípios são particularmente importantes na gestão de riscos e vulnerabilidades, estes foram objeto de especial atenção no projeto⁹⁵.

⁸⁷ <https://hidrografico.pt/iprojeto/7>

⁸⁸ <https://cordis.europa.eu/project/rcn/54182/factsheet/en>

⁸⁹ <http://archives.esf.org/coordinating-research/eurocores/programmes/euromargins/projects/fp17.html>

⁹⁰ <http://observa.ics.ulisboa.pt/projeto/change-mudancas-climaticas-costeiras-e-sociais/>

⁹¹ <http://climadapt-local.pt/>

⁹² <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837716306408>

⁹³ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837713002445>

⁹⁴ <http://repositorio.ul.pt/handle/10451/27871>

⁹⁵ https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-72874-2_13

No domínio das cidades a investigação tem-se centrado sobretudo em: produção de informação às escalas meso e micro sobre o clima atual e previsto; análise de dinâmicas climáticas intraurbanas (ilhas de calor, direção dos ventos, poluição atmosférica) e seus impactos em indivíduos, grupos sociais e comunidades, e nos sistemas e serviços urbanos; e identificação de localizações, tipos de espaços, uso do solo, soluções de edificação e morfologias urbanas mais suscetíveis aos impactos das Alterações Climáticas.

Na última década assistiu-se também a um desenvolvimento substancial em áreas como: a eficiência energética, nomeadamente na integração de processos, modelação matemática e tecnologia *Pinch*; iluminação, climatização; controlo e automação; motores elétricos; eletrónica de potência; armazenamento; biorefinarias e bioenergia; e da redução do custo e aumento da eficiência dos equipamentos fotovoltaicos e eólicos. De assinalar é também a utilização de modelos input-output no estudo das interações entre estrutura económica, energia e emissões poluentes, como por exemplo no projeto desenvolvido no Grupo de Estudos Monetários e Financeiros (GEMF).

O desenvolvimento e avaliação de modelos matemáticos preditivos cada vez mais aperfeiçoados e integrando o maior número de fatores que influenciam o clima, bem como a implementação de programas *citizen-based*, tem permitido o alerta rápido, a determinação e gestão do risco e a implementação de medidas que contribuem para a prevenção e/ou mitigação dos impactos das Alterações Climáticas na saúde. A maioria dos exemplos baseiam-se no estudo do impacto das Alterações Climáticas na dinâmica e dispersão de agentes infecciosos por vetores artrópodes, como, por exemplo, o programa REVIVE – Rede de Vigilância de Vetores⁹⁶.

4.2.3 As questões-chave para uma agenda de investigação

As questões-chave procuram responder tanto a lacunas de conhecimento fundamental sobre funcionamento dos sistemas, setores, e seus componentes (Eixo 1 dos desafios em 4.2.1), como a necessidades de aumentar a coerência entre o conhecimento científico, os mecanismos de decisão, e o desenvolvimento de políticas (Eixo 2 dos desafios em 4.2.1).

Além disso, a sua definição segue um conjunto de princípios orientadores, nomeadamente o posicionamento internacional de Portugal nos acordos do clima e as políticas descritas em vários documentos estratégicos nacionais (por exemplo, PNAC, Estratégia de Adaptação Agricultura, Pescas e Florestas) ou planos sectoriais. O reforço da investigação nas questões-chave aposta nas áreas em que Portugal tem fragilidades específicas ou detém vantagens competitivas e valoriza o fortalecimento da aproximação multisectorial com aumento da coesão territorial e social, privilegiando aproximações baseadas em modelação assente em observação e experimentação.

96

<http://www2.insa.pt/sites/INSA/Portugues/AreasCientificas/DoencasInfecciosas/AreasTrabalho/EstVectDoencasInfecciosas/Paginas/Revive.aspx>

Tabela 4.2: Questões-chave para a investigação sobre impactos, vulnerabilidades e riscos em sistemas e setores

Domínios de Investigação			Questões-chave para a investigação sobre impactos, vulnerabilidades e riscos em sistemas e setores	Eixos científicos principais
Sistemas naturais	Sistemas geridos por ação antrópica	Sistemas humanos e ambiente construído		
x	x		<p>Melhorar a compreensão e previsão de dinâmicas ecológicas futuras em meio terrestre. Desenvolver metodologias de modelação fenomenológica e ampliar o espectro de aplicações na modelação da biodiversidade e de espécies com interesse económico. Continuar a desenvolver modelos relacionando fatores ambientais com variações da abundância e distribuição das espécies e iniciar novas linhas de investigação na área da modelação de sistemas complexos e das redes ecológicas. Desenvolver modelos de balanço de massa que incluam módulos biogeoquímicos e de simulação temporal, de modo a permitir a investigação sobre limiares de não retorno e outras dinâmicas futuras.</p>	1, 2
x			<p>Melhorar a compreensão e previsão de dinâmicas futuras em meio estuarino, lacustre, costeiro e marinho. Estudar o efeito conjugado de pressões múltiplas na biodiversidade, no funcionamento e na alteração de regime dos ecossistemas, incluindo o aumento da temperatura, o aumento da acidez e a redução da oxigenação.</p>	1, 2
x			<p>Desenvolver estudos sobre processos geomorfológicos, hidrológicos e edáficos a diferentes escalas temporais e espaciais. Melhorar o conhecimento e a previsão sobre os impactos das Alterações Climáticas nos sistemas terrestres, marinhos e costeiros através de modelação morfodinâmica baseada em processos e em modelos de “complexidade reduzida”. Estudar os impactos sobre a degradação física e química dos solos utilizando cenários temporais de variação regional e local de processos, como a erosão, a perda de solo e o <i>stress</i> hídrico. Desenvolver estudos sobre os efeitos de eventos extremos na interface entre a hidrosfera e a geosfera, em particular os associados a movimentos de massa e inundações de origem fluvial e costeira.</p>	1,2
x	x		<p>Desenvolver estudos sobre pragas e doenças de ecossistemas naturais e produtivos. Estudar o impacto dos agentes nocivos na floresta, agricultura e biodiversidade, identificando os contextos ambientais, as formas de propagação, as espécies e associações expostas e estudar as práticas locais atuais e passadas face a essas mesmas pragas e doenças.</p>	1

Domínios de Investigação			<i>Questões-chave para a investigação sobre impactos, vulnerabilidades e riscos em sistemas e setores</i>	Eixos científicos principais
Sistemas naturais	Sistemas geridos por ação antrópica	Sistemas humanos e ambiente construído		
x	x		<p>Estudar o impacto das Alterações Climáticas sobre os oceanos e sobre as pescas. Avaliar os impactos na estratificação termoalina e na biogeoquímica do oceano, nomeadamente o efeito na redução dos nutrientes na camada eufótica, nas taxas de produção primária, na fixação de carbono antropogénico e na produção dos recursos pesqueiros, nas zonas costeiras e no oceano aberto. Aumentar a capacidade de monitorização dos processos biogeoquímicos marinhos que afetam o funcionamento do ecossistema e a produção dos recursos biológicos.</p>	1
x	x		<p>Prever o impacto das Alterações Climáticas na disponibilidade dos recursos hídricos. Estudar os impactos sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos e os efeitos nos diversos setores e melhorar os cenários sobre a disponibilidade, incluindo a análise em recursos considerados atualmente como alternativos e complementares. Aumento do conhecimento e modelação da potencial evolução do estado das massas de água superficiais, subterrâneas, de transição e costeiras, em particular no que diz respeito à qualidade da água, às condições hidro-morfológicas.</p>	2
x	x		<p>Estudar o impacto nos principais processos fisiológicos da vegetação. Estudos sobre respiração, fotossíntese e transpiração com particular incidência nas principais espécies/variedades especialmente bem-adaptadas às atuais condições do clima no território nacional.</p>	1
	x		<p>Avaliar impactos e vulnerabilidades relativamente a opções de gestão do uso do solo rural. Desenvolvimento de modelos de zonagem agro-ecológica, com avaliação de impactos e vulnerabilidades relativos a várias opções de gestão da paisagem agrícola. Previsão dos impactos na produção e rentabilidade da agricultura e da floresta decorrentes de alterações na estrutura produtiva, nomeadamente por via do regadio.</p>	1,2
	x		<p>Estudar o potencial genético existente em espécies/variedades “tradicionais”. Aumento do conhecimento da resposta das espécies, populações e variedades mais representativas (em termos geográficos e em termos económicos) às alterações esperadas, nomeadamente: videira, oliveira, amendoeira, sobreiro, pinheiro bravo, pera rocha, macieira, cerejeira, tomate, batata, cereais, entre outras. Por exemplo, avaliar o potencial genético das espécies, populações e variedades preservadas no Banco Português de Germoplasma, tendo em vista a sua utilização no melhoramento de variedades “comerciais” e a sua adaptação aos efeitos das Alterações Climáticas.</p>	1

Domínios de Investigação			<i>Questões-chave para a investigação sobre impactos, vulnerabilidades e riscos em sistemas e setores</i>	Eixos científicos principais
Sistemas naturais	Sistemas geridos por ação antrópica	Sistemas humanos e ambiente construído		
	x	x	<p>Prever o impacto de eventos meteorológicos nas comunidades, nas cidades e infraestruturas. Estudar e modelar os efeitos de ventos associados a tempestades, tornados, frentes tropicais e precipitações elevadas, nos indivíduos e comunidades expostas, nos setores de atividade, nas infraestruturas críticas e sensíveis para a funcionamento da sociedade, no funcionamento de serviços e equipamentos, e na capacidade organizacional de resposta, incluindo os setores da saúde, do turismo e da indústria nas dimensões económica e social e na alteração de fluxos e de dinâmicas. Prever os efeitos das Alterações Climáticas na ocupação e uso das frentes urbanas ribeirinhas.</p>	2
	x	x	<p>Prever e avaliar a segurança alimentar perante cenários 'what-if'. Relacionar os contextos ambientais, as práticas socioculturais e os recursos organizacionais com a produção, transformação, armazenamento e distribuição de alimentos.</p>	2
		x	<p>Identificar os grupos sociais mais vulneráveis às Alterações Climáticas. Identificar os padrões e diferenças inter-regionais, e analisar eventuais desigualdades sociais decorrentes dos procedimentos estabelecidos pelas políticas e estratégias de mitigação das Alterações Climáticas.</p>	1
		x	<p>Estudar o impacto das Alterações Climáticas nas opções energéticas. Compreensão dos fatores multidimensionais que conduzem à pobreza energética e das suas consequências, sobretudo num contexto de descarbonização do sistema energético. Estudar impactos quer a nível de restrições quer de oportunidades, das opções energéticas e de utilização de recursos hídricos decorrentes da adaptação às Alterações Climáticas. Investigação sobre as questões derivadas da intermitência das energias eólicas e fotovoltaicas, nomeadamente pela otimização dos sistemas de armazenagem de eletricidade nas baterias atualmente existentes.</p>	1,2

Domínios de Investigação			<i>Questões-chave para a investigação sobre impactos, vulnerabilidades e riscos em sistemas e setores</i>	Eixos científicos principais
Sistemas naturais	Sistemas geridos por ação antrópica	Sistemas humanos e ambiente construído		
x		x	<p>Investigar o impacto dos agentes nocivos na saúde humana.</p> <p>Identificação de contextos ambientais, formas de propagação, grupos de risco, práticas socioculturais e contextos organizacionais mais vulneráveis. Desenvolvimento de modelos de propagação/distribuição e incidência de vetores transmissores de doenças (por exemplo, Dengue, Zika e Febre Amarela) e de previsão do potencial aumento do número de surtos. Estudo do aumento da taxa de letalidade associada a ondas de calor e vagas de frio. Investigação sobre a influência da qualidade do ar e no risco acrescido de infeções respiratórias e doenças cardiovasculares. Previsão do aumento de surtos de doenças infecciosas relacionadas com alterações da disponibilidade e da qualidade da água (por exemplo, cólera e campylobacteriose) e com a qualidade dos alimentos.</p>	1,2
x	x	x	<p>Desenvolver a capacidade de monitorização ambiental e melhorar métodos de validação de modelos.</p> <p>Integrar métodos e tecnologias mais eficientes para monitorização da dinâmica dos sistemas e setores, incluindo a utilização de indicadores ecológicos, e melhorar estratégias de recolha, gestão e análise de dados, avaliação do erro e da incerteza.</p>	1, 2

4.3 ADAPTAÇÃO DE SISTEMAS E SETORES

4.3.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

O Relatório do Fórum Económico Mundial de 2018 (WEF, 2018) afirma que não existe margem de complacência para os desafios da adaptação às Alterações Climáticas. Assume-se que as estratégias de mitigação já não são suficientes para lidar com as futuras alterações do Sistema Climático, sendo fundamental reforçar as medidas de adaptação (WEF, 2017). A recente avaliação do IPCC (IPCC/WMO, 2014) refere que as ações de adaptação, embora integradas em alguns processos de planeamento, apresentam uma limitada implementação ao nível prático. O mesmo relatório afirma que as opções de adaptação que têm vindo a ser tomadas à escala global, mostram ajustes incrementais e co-benefícios e, simultaneamente, a necessidade de maior flexibilidade e de processos de aprendizagem.

O Quadro de Sendai para a Redução do Risco de Catástrofes 2015-2030 (UNISDR, 2015) apresenta como metas globais a redução da população afetada pelas catástrofes, assim como limitar as perdas económicas, infraestruturais e as interrupções nos serviços básicos, através do aumento da sua resiliência. Por outro lado, o relatório SREX (IPCC, 2012) afirma como fundamental, o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e a criação de interfaces de política científica para a gestão dos riscos associados às Alterações Climáticas.

O referencial da EU (EC/DRMKC, 2017) defende políticas de interação eficazes entre os decisores, investigadores e intervenientes operacionais, centradas nas necessidades dos utilizadores e beneficiários, capazes de reforçar a relação entre a investigação, a tecnologia e as políticas. A Agenda de Investigação e Inovação da EU (EU/COM, 2018) aponta para o desenvolvimento científico que responda aos decisores políticos, que reforce a interação científica em rede, a articulação de interesses com os setores de atividade, a capacitação dos agentes operacionais, assim como a formação e comunicação com os indivíduos e comunidades. A Estratégia de Adaptação da UE às Alterações Climáticas (EU/COM, 2013) destaca a necessidade de medidas de adaptação, através de ações antecipadas, planeadas e coordenadas, e da construção de estratégias coerentes e coordenadas.

No contexto de Portugal, o Relatório para o Desenvolvimento Sustentável (RP-MNE, 2017) valoriza as componentes de adaptação às Alterações Climáticas nas políticas públicas de ordenamento do território, do desenvolvimento urbano sustentável, e de gestão dos recursos hídricos, entre outros setores. A proposta estratégica do Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território - PNPOT (DGT, 2018) aponta que Portugal em 2030 será um território mais vulnerável tendo em conta os fatores de mudança associados às Alterações Climáticas. Evidenciam-se ainda os objetivos traçados pela Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (EN AAC, 2015) em que a adaptação deve assentar em soluções baseadas no conhecimento técnico-científico e em boas práticas, e na melhoria da investigação sobre as Alterações Climáticas, riscos, impactos e consequências.

Assim, tendo em atenção as mais recentes projeções de Alterações Climáticas para a região do Mediterrâneo e Península Ibérica, ressalta a necessidade de antecipar as respostas de adaptação e ação climática por parte de setores, sistemas e sociedade, possivelmente já no período 2020-2030. Adicionalmente, a gestão da incerteza na definição de políticas e planos de ação de adaptação bem como o desenvolvimento de formas de apoio à decisão e de serviços climáticos representam uma oportunidade para Portugal.

4.3.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos

Os progressos científicos realizados à escala global e europeia, materializados por publicações em revistas científicas de referência e por outros referenciais técnicos, como relatórios de projetos no âmbito H200, LIFE, INTERREG, JRC, ERASMUS+, entre outros, evidenciam alguns dos **principais eixos científicos** relacionados com a adaptação de sistemas e setores às Alterações Climáticas.

No âmbito desta agenda foram identificados 10 eixos científicos principais para a adaptação de sistemas e setores (ver tabela 4.3):

1. Caracterização do **estado de vulnerabilidade social dos indivíduos e comunidades**, bem como da capacidade de suporte das redes e organizações, para lidar, enfrentar e recuperar dos processos de disrupção, situações de crise ou desastre. A água, a energia e os alimentos são essenciais para o bem-estar humano e as projeções globais indicam que a procura aumentará significativamente mediante várias pressões, e mudanças culturais, tecnológicas e climáticas (FAO, 2014). Procura-se incrementar o capital social e as ações coletivas de preparação e adaptação a diferentes limiares críticos, de resposta e recuperação, de capacitação institucional e mobilização de recursos, e os processos de tomada de decisão. São exemplo trabalhos como de Adger *et al.* (2013), Birkmann *et al.* (2015) ou de Tavares *et al.* (2018), para Portugal.
2. **Respostas e ações centradas nos utilizadores**, visando o desenvolvimento de recursos para a previsão e aviso prévio, a modelação da resposta em tempo real, o desenho de sistemas baseados em produtores individuais de dados, a construção de comunidades *online* de fornecedoras de informação em *crowdsourcing*, o desenvolvimento de aplicativos para pacientes/utentes, a construção de plataformas de gestão de necessidades e de voluntários, a criação de sistemas de contingência individual/familiar ou coletivos, entre outros. São exemplos deste foco os projetos FP7 Alert4All⁹⁷ e OPTI-ALERT⁹⁸, relacionando o comportamento humano com a partilha de informação em caso de crise, o projeto ACRIMAS⁹⁹ centrado no suporte à decisão com a integração de novas tecnologias, ou o projeto S-HELP¹⁰⁰, baseado no desenvolvimento de ferramentas e treino de utilizadores em contexto de emergência da saúde.
3. Identificação, classificação e avaliação da **resiliência das infraestruturas críticas** para o normal funcionamento da sociedade, do acesso a funções sociais, económicas, ambientais e de soberania, bem como a definição dos limiares de funcionamento aceitáveis, das condições redundantes e de *backup* para situações de disrupção, crise ou desastre associados ao clima e a eventos extremos. São exemplos os trabalhos como Jenelius & Mattsson (2012), Stergiopoulos *et al.* (2016), ou Forzieri *et al.* (2018), assim como os projetos FP7 CRISYS¹⁰¹ para a resposta em emergência, ou RAIN¹⁰² com as relações entre as infraestruturas críticas da EU e os impactos de eventos climáticos extremos.
4. Desenvolvimento e implementação de **soluções tecnologicamente evoluídas**, como as baseadas na *'imagery focus'*, permitindo de forma rápida e eficiente o acesso a dados, imagens e informações de forma remota, a registos de monitorização contínuos, a cartografia e visualização de imagens em tempo real, nomeadamente a partir de veículos não tripulados (aéreos, terrestres ou aquáticos). Constituem atualmente focos de investigação áreas como a do

⁹⁷ <https://cordis.europa.eu/project/rcn/98427/factsheet/en>

⁹⁸ <https://cordis.europa.eu/project/rcn/97601/factsheet/it>

⁹⁹ <https://cordis.europa.eu/project/rcn/98966/factsheet/en>

¹⁰⁰ <http://www.fp7-shelp.eu/>

¹⁰¹ <https://cordis.europa.eu/project/rcn/98623/factsheet/en>

¹⁰² <http://rain-project.eu/>

desenvolvimento de soluções tecnológicas de otimização do acesso, exploração, distribuição e uso dos recursos naturais e de energia, assim como a produção, acesso e distribuição de bens alimentares. São exemplos os trabalhos de Troy *et al.* (2012), Wuder & Coops (2014) ou McCallum *et al.* (2016), bem como o projeto FP7 GEO-PICTURES¹⁰³ e BEYOND¹⁰⁴, sobre a monitorização geoespacial, SMARTesT¹⁰⁵ e STARFLOOD¹⁰⁶, sobre as tecnologias de resiliência inteligentes, ou C-SENSE ou REDIRNET, sobre interoperabilidade da primeira resposta em caso de crise.

5. **Adaptação à escala e foco local**, permitindo a monitorização técnica *in situ*, o alerta e comunicação para condições em tempo real, a disseminação de mensagem de aviso significativo e alerta para pessoas em risco, a construção de plataformas de tomada de decisão envolvendo os atores locais, a capacitação da resposta rápida de emergência dirigida, o *feedback* de resposta baseado nos indivíduos ou grupos afetados. Diferentes perspetivas têm sido desenvolvidas para esta escala de adaptação como as de Measham *et al.* (2011), Rauken *et al.* (2015), Freire *et al.* (2016) ou Pecl *et al.* (2018), assim como os projetos CAPHAZ-NET¹⁰⁷, EMBRACE¹⁰⁸, LIFE LOCAL ADAPT¹⁰⁹, ACT_Adapting to Climate change in Time¹¹⁰, ou, em Portugal, o ClimAdaPT.Local¹¹¹, que realçaram as experiências e práticas locais.
6. **Capacidade multi-escalar** para lidar com agentes e vetores nocivos para a saúde pública, com a consideração, de **escalas transnacionais a locais**, para a identificação dos agentes e condições de contexto para o desenvolvimento, propagação de agentes nocivos, como pragas e outros elementos bióticos. Procura-se a consideração de medidas de prevenção e de redução do perigo, de ações de controlo da exposição e vulnerabilidade, de estratégias de contingência e de mitigação do risco. A análise multi-escalar suporta ainda a gestão dos recursos hídricos em bacias transnacionais, com a articulação legal e a partilha de interesses. Contributos científicos como a da Comissão Lancet (Watts *et al.*, 2015), de autores como Hunt & Watkiss (2011), Field *et al.* (2012) ou Vitousek *et al.* (2017), que salientam o impacto na saúde pública, assim como os trabalhos de Lindner *et al.* (2010), Szujecki (2012), Alexander (2013), Moore & Lobell (2014) ou Pecl *et al.* (2017) salientam a necessidade de avaliar os impactos dos agentes e vetores nocivos bióticos a escalas múltiplas para a floresta, agricultura e biodiversidade.
7. **Envolvimento das partes interessadas** nas ações de adaptação e a forma como estas **lidam com as categorias do risco**. Há a necessidade de distinguir entre problemas simples, complexos, de alta incerteza ou caracterizados pela ambiguidade, na aceção de Klinke & Renn (2012). Conhecer os atores, o tipo de discurso ou comunicação, a forma de resposta e de envolvimento dos atores técnicos, elementos científicos, das partes interessadas ou afetadas e do público são considerados essenciais para implementar ações reconhecidas e aceites. Desenvolver a comunicação do risco e o envolvimento público baseados na coprodução de medidas de adaptação, através de formas participativas, como o *gaming* e o *citizen-science*, entre outras, são atualmente objetivos para as políticas públicas nesta área. Sobre os mecanismos de governança e comunicação, são exemplos os trabalhos de Moser *et al.* (2010), Van Asselt &

¹⁰³ <http://www.geo-pictures.eu/>

¹⁰⁴ <https://cordis.europa.eu/project/rcn/108747/factsheet/en>

¹⁰⁵ <https://www.bre.co.uk/page.jsp?id=3187>

¹⁰⁶ <https://www.starflood.eu/>

¹⁰⁷ <https://www.slf.ch/en/projects/caphaz-net.html>

¹⁰⁸ <http://www.embrace-project.eu/>

¹⁰⁹ <https://www.life-local-adapt.eu/en>

¹¹⁰ <http://www.pdc.minambiente.it/en/progetti/act-adapting-climate-change-time>

¹¹¹ <http://climadapt-local.pt/>

Renn (2011), Eisenack *et al.* (2014) ou Aldunce *et al.* (2015); sobre a participação e envolvimento podem ser referenciados trabalhos como Bonney *et al.* (2014), Van der Linden *et al.* (2015) ou Theobald *et al.* (2016). No âmbito dos mecanismos de construção de comunidade resiliente foram desenvolvidos na EU os projetos DRIVER¹¹², CATALYST¹¹³ e EMBRACE¹¹⁴; os projetos BASE¹¹⁵, INTACT¹¹⁶ e MAN-U¹¹⁷ lidaram com a gestão da incerteza e o papel dos atores e instituições.

8. **Acesso a recursos naturais em quantidade e qualidade**, bem como a sua gestão sustentável e adaptativa, permitindo melhorar o conhecimento sobre as interações do clima com os recursos solo, água e biomassa marinha, identificando e preservando o valor da biodiversidade e dos ecossistemas enquanto prestadores de serviços. Pretende-se por um lado tornar mais eficaz o acesso aos recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, optando por soluções de rega e de práticas agrícolas e florestais mais eficientes, sustentáveis e monitorizáveis. São exemplo de investigação os projetos PESETA-JRC¹¹⁸, FP7 CLIMB¹¹⁹, WASSERMED¹²⁰, SMARTSOIL¹²¹ e CATCH-C¹²², ou INTERREG FUTUREforest¹²³. Por outro lado, há necessidade de compreender melhor o impacto das alterações espectáveis da circulação oceanográfica e da produção primária marinha na variação dos recursos pesqueiros disponíveis, uma vez que se projetam alterações na sua composição e uma diminuição do potencial máximo de captura (Halpern *et al.* 2012, Pauly and Zeller 2015, Lam *et al.* 2016, Stock *et al.* 2017).
9. **Ordenar e planear de forma adaptativa (gestão adaptativa)**, para a criação de espaços resilientes e diversos. A investigação procura a articulação e a coordenação de planos de gestão das áreas protegidas marinhas, costeiras e terrestres, de ações de monitorização da resiliência da biodiversidade nacional, assim como o desenvolvimento da gestão sustentável da floresta, com ações de gestão de espécies e de organização dos espaços, de prevenção do fogo e de outras ameaças abióticas e bióticas, promovendo modelos centrados no aumento da resiliência das espécies e da vitalidade fitossociológica. Visa-se a definição de estratégias de gestão do risco para cheias e inundações, à escala da bacia hidrográfica e da orla costeira, a partir de cenários de Alterações Climáticas, socioeconómicos e de evolução das dinâmicas territoriais. São exemplos a Plataforma Climate-ADAPT¹²⁴, ou os desenvolvimentos científicos os projetos FP7 KNOW-4-DRR¹²⁵, FIRESMART¹²⁶, FUME¹²⁷, CONHAZ¹²⁸ ou DESURBS¹²⁹, bem como os projetos INTERREG F:ACTS! ou GRaBS¹³⁰.

¹¹² <https://www.driver-project.eu/>

¹¹³ <https://catalyst-fp7.idea.kmi.open.ac.uk/>

¹¹⁴ <http://www.embrace-project.eu/>

¹¹⁵ <https://base-adaptation.eu/>

¹¹⁶ <https://cordis.europa.eu/project/rcn/185476/factsheet/en>

¹¹⁷ <https://cordis.europa.eu/project/rcn/186082/reporting/en?rcn=212518>

¹¹⁸ <https://ec.europa.eu/jrc/en/peseta-iii>

¹¹⁹ <http://www.climb-fp7.eu/home/home.php>

¹²⁰ <http://wassermed.cmcc.it/wassermed.cmcc.it/index/index.html>

¹²¹ <https://projects.au.dk/smartsoil/>

¹²² <http://www.catch-c.eu/>

¹²³ <http://www.futureforest.eu/tempsite/>

¹²⁴ <https://climate-adapt.eea.europa.eu/>

¹²⁵ <http://www.know4drd.polimi.it/>

¹²⁶ <https://cordis.europa.eu/project/rcn/93946/factsheet/en>

¹²⁷ <http://fumeproject.uclm.es/>

¹²⁸ <https://cordis.europa.eu/project/rcn/93525/factsheet/en>

¹²⁹ <https://www.desurbs.eu/>

¹³⁰ <https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/grabs>

10. Caracterização de **espaços sensíveis** ou com **inter-relações complexas**, com expressão nos modelos de gestão e de ordenamento do território, em que se incluem as áreas costeiras, estuarinas e as cidades. A investigação centra-se sobre o impacto dos eventos extremos nestes espaços. Constituem exemplos a análise e avaliação do risco nas áreas costeiras, bem como das formas normativas e legais de controlo, uso e ocupação das áreas costeiras ameaçadas ou em cenário de risco. Outro exemplo constitui a geração de conhecimento sobre as dinâmicas, perigo e vulnerabilidade na cidade, com a articulação de infraestruturas verde-azul-cinzenta, a partir da forma de planeamento colaborativo, e os serviços de ecossistemas prestados pelas novas infraestruturas verdes urbanas. Projetos como MICORE¹³¹, THESEUS¹³² e PEARL¹³³ desenvolveram soluções de gestão de risco mais sustentáveis para as comunidades costeiras, tendo os projetos EU Cities Adapt¹³⁴, MiSRaR¹³⁵ ou DESURBS¹³⁶ o foco em planear espaços mais robustos e resilientes. O projeto GREEN SURGE¹³⁷ estuda como a infraestrutura verde contribui para a resiliência em espaços urbanos.

4.3.3 As questões-chave para uma agenda de investigação

A Comissão Europeia, através da Estratégia para a Adaptação às Alterações Climáticas, aprovada em 2013, tem reforçado ações, programas e plataformas de apoio à adaptação às Alterações Climáticas a nível regional e local. De acordo com a Agenda de Investigação e Inovação da EU, há um reforço das medidas de adaptação às Alterações Climáticas, já no período de 2014-2020, atendendo a que a maior parte dos recursos e sistemas serão afetados pelas mudanças climáticas nas próximas décadas.

Em linha com estes documentos estratégicos à escala da UE e de forma a apoiar o desenvolvimento da ciência e da sua aplicação nesta temática em Portugal, propõem-se as seguintes questões-chave de investigação:

¹³¹ <https://www.micore.eu/>

¹³² <https://cordis.europa.eu/project/rcn/197948/factsheet/en>

¹³³ <http://www.pearl-fp7.eu/>

¹³⁴ <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/publications/eu-cities-adapt-adaptation-strategies-for-european-cities-final-report>

¹³⁵ <http://misrar.nl/>

¹³⁶ <https://www.desurbs.eu/>

¹³⁷ <https://greensurge.eu/>

Tabela 4.3: Questões-chave para a investigação sobre a adaptação de sistema e setores

Domínios de investigação			Questões-chave para a investigação sobre a adaptação de sistema e setores	Eixos científicos principais
Sistemas naturais	Sistemas geridos por ação antrópica	Sistemas humanos e ambiente construído		
x			Desenvolver ações de conservação e recuperação de ecossistemas e da biodiversidade , em contexto regional e local, através de ações estratégicas e deliberativas em resultado dos impactos das Alterações Climáticas.	5, 7, 8
x	x		Desenvolver tecnologias para o rápido, contínuo e eficiente acesso a dados, imagens e informações de forma remota dos sistemas terrestres, fluviais, estuarinos e costeiros garantindo a interoperabilidade dos sistemas de aquisição, armazenamento e comunicação de dados.	4, 10
x			Desenvolver medidas <i>site-specific</i> que promovam o controlo da erosão e da poluição difusa e melhorem a gestão do ciclo sedimentar e de tecnologias de monitorização e controlo da contaminação bioquímica em ambiente fluvial.	4, 5, 8
x	x		Desenvolver metodologias para uma gestão adequada, mais eficiente e eficaz das infraestruturas existentes ou a construir , explorando as disponibilidades de água e a capacidade de armazenamento de água em albufeiras e sistemas aquíferos para assegurar o bom estado das massas de água e dos ecossistemas e satisfazer as necessidades de água, incluindo em situações de seca hidrológica.	7, 8, 9
	x	x	Aprofundar metodologias para análises de custo-benefício adequadas ao desenvolvimento de planos de desenvolvimento e à construção de infraestruturas com longas vidas úteis , para situações em que a incerteza é significativa e existe a possibilidade de ocorrerem eventos com consequências transformadoras (cataclísmicos).	7, 8, 9
x	x		Aplicar modelos deliberativos para gestão de usos e atividades nas zonas costeiras , no contexto das Alterações Climáticas, tendo por base os modelos de análise e avaliação do risco, bem como das formas normativas e legais de controlo e planeamento.	2, 7, 9, 10
x	x		Desenvolver observatórios sobre as alterações climáticas em meio terrestre e marinho baseados na rede de áreas protegidas do continente e regiões autónomas , de modo a racionalizar meios de monitorização e divulgar boas práticas ambientais.	4, 6, 8, 9

Domínios de investigação			<i>Questões-chave para a investigação sobre a adaptação de sistema e setores</i>	Eixos científicos principais
Sistemas naturais	Sistemas geridos por ação antrópica	Sistemas humanos e ambiente construído		
x	x		Desenvolver práticas de conservação e regeneração do solo , nomeadamente em contexto de pós-incêndio, de degradação fitossociológica, ou de alteração ou intensificação de práticas agrícolas, agropecuárias ou florestais.	5, 7, 8, 10
x	x		Avaliar modelos de deslocalização, no espaço e no tempo, das principais espécies/variedades agrícolas e florestais, função da evolução de fatores climáticos, da disponibilidade hídrica e degradação dos solos, incorporando os co-benefícios das ações de adaptação.	6, 8, 9
x	x		Melhorar o potencial genético de espécies/variedades “tradicionais” preservadas , incorporando a avaliação dos co-benefícios das ações de adaptação.	4, 6, 8
	x		Inovação nas técnicas de aquacultura e nas espécies alvo de modo a reduzir a pressão sobre os mananciais pesqueiros , através da utilização de espécies de baixo nível trófico, do desenvolvimento de substitutos de óleo de peixe e da melhoria genética de espécies resilientes.	4, 8, 9
x	x		Desenvolver instrumentos e práticas de conservação e requalificação de massas de água superficiais e proteção de águas subterrâneas para a agricultura, pecuária e agropecuária (intensiva e extensiva), de uso de recursos alternativos e complementares, assim como avaliação dos custos e benefícios de incorporação de novas práticas de uso e recuperação e a introdução de outras soluções tecnológicas de extração, armazenamento, distribuição e rega.	4, 5, 8, 9
x	x		Desenvolver práticas adaptativas de gestão do espaço rural , identificando os contextos ambientais, as práticas socioculturais, as formas de gestão de combustíveis de propagação e supressão do fogo, os recursos para recuperação e regeneração de áreas ardidas, bem como os co-benefícios de ações de adaptação.	2, 5, 8, 9
x	x		Desenvolver um sistema integrado de recolha, armazenamento e utilização de biomassa sobranete proveniente de atividades agroflorestais nos concelhos rurais , incluindo as provenientes das limpezas das florestas / faixas de proteção que são exigidas por Lei.	2, 5, 8, 9
x	x		Diagnosticar, monitorizar, controlar e combater os agentes nocivos na floresta, agricultura e biodiversidade , assim como a implementação de práticas socioculturais de adaptação e de demonstração dos co-benefícios da adaptação.	6, 7, 8

Domínios de investigação			<i>Questões-chave para a investigação sobre a adaptação de sistema e setores</i>	Eixos científicos principais
Sistemas naturais	Sistemas geridos por ação antrópica	Sistemas humanos e ambiente construído		
x	x		Gerir recursos pesqueiros, nas zonas costeiras e no oceano aberto , decorrente das alterações na estratificação termohalina e redução de nutrientes na camada eutrófica, assim como a implementação de práticas setoriais de adaptação e de demonstração dos co-benefícios.	6, 7, 8
x	x		Analisar as inter-relações entre os recursos hídricos e os desenvolvimentos nos setores da agricultura, energia (por exemplo, hidroeletricidade, <i>pump-storage</i>, biocombustíveis), e as alterações de uso do solo.	5, 6, 8
	x		Desenvolver práticas e tecnologias de resposta às modificações nos processos fisiológicos (respiração, fotossíntese, transpiração) das principais espécies/variedades agrícolas , incorporando a avaliação dos co-benefícios das ações de adaptação.	4, 8
	x	x	Avaliar as variações da composição dos mananciais e substituição de espécies de peixes e de invertebrados de interesse económico associadas ao aumento de temperatura, com concertação e implementação de respostas setoriais de adaptação e de demonstração dos co-benefícios.	6, 8
	x	x	Regular e capacitar as organizações para controlo da segurança alimentar , quer ao nível da produção, transformação, armazenamento e distribuição de alimentos, decorrente das Alterações Climáticas.	2, 4, 10
		x	Capacitar os serviços de saúde, sociais, educação, justiça e soberania para lidar com eventos meteorológicos extremos , com foco nos indivíduos, comunidades e grupos de risco, bem como o reforço da capacidade organizacional de alerta, aviso e respostas a emergências.	1, 2, 3, 9
		x	Desenvolver o planeamento da contingência nas infraestruturas críticas e sensíveis para o funcionamento da sociedade , nomeadamente, nas que determinam o acesso à água, a energia, a alimentos, a gestão de resíduos, a comunicações, a transporte e mobilidade, a matérias-primas e produtos, nomeadamente a capacidade de recuperação após disrupção.	3, 4, 8, 9
		x	Desenvolvimento do planeamento da contingência nas infraestruturas críticas que asseguram a resposta dos equipamentos de saúde, sociais, de educação, justiça e soberania.	2, 3, 4, 9

Domínios de investigação			<i>Questões-chave para a investigação sobre a adaptação de sistema e setores</i>	Eixos científicos principais
Sistemas naturais	Sistemas geridos por ação antrópica	Sistemas humanos e ambiente construído		
		x	Desenvolver a comunicação aos indivíduos, grupos de risco e comunidades dos avisos e alertas para eventos meteorológicos e para agentes bióticos nocivos , assim como melhorar a resposta e alteração de práticas baseadas nos interlocutores.	1, 2, 7
		x	Avaliar os custos e benefícios de incorporação de medidas de adaptação e mitigação nos setores da saúde, do turismo, serviços e indústria, incorporando uma visão prospetiva de alteração de fluxos e dinâmicas.	2, 6, 7, 9
		x	Desenvolver o planeamento de contingência para consumos de energia em pico em resultado de eventos meteorológicos extremos , bem como o impacto nos padrões de consumo de pessoas e entidades e no custo de produção e distribuição.	2, 3, 5, 9
		x	Promover o desenvolvimento tecnológico e a otimização das perdas energéticas na produção, transporte e distribuição da energia relacionadas com o aumento da temperatura.	2, 3, 4
		x	Promover a desenvolvimento tecnológico e a otimização da produção de energia hidroelétrica, solar, eólica e oceânica , em função das oscilações dos padrões sazonais, anuais e interanuais de precipitação, radiação solar, vento e ondulação marítima.	2, 4, 9
		x	Desenvolver soluções de armazenamento intra-anual e inter-anual de energia , tanto em termos de sistemas hidroelétricos como de quantidades de biomassa disponível.	2, 4
		x	Reforçar as Interligações entre a França e a Península Ibérica, de forma a otimizar a cada momento as disponibilidades de eletricidade dos dois lados dos Pirinéus , e garantindo uma gestão adequada de todas as potências elétricas disponíveis no âmbito do MIBEL, incluindo a adequada utilização das fontes renováveis intermitentes.	2, 4
		x	Avaliar a disrupção nos sistemas de produção, transporte e distribuição de energia por ação de eventos meteorológicos extremos , bem como os co-benefícios resultantes da adoção de medidas de contingência ou de resposta alternativa.	2, 3, 4, 9
		x	Desenvolver ações estratégicas e deliberativas de adaptação e desenvolvimento de novos produtos e atividades turísticas no contexto das Alterações Climáticas.	2, 4, 7
		x	Desenvolver soluções de planeamento urbano incorporando o conforto térmico, eficiência energética e qualidade do ar , às escalas meso e micro.	2, 5, 9, 10

Domínios de investigação			<i>Questões-chave para a investigação sobre a adaptação de sistema e setores</i>	Eixos científicos principais
Sistemas naturais	Sistemas geridos por ação antrópica	Sistemas humanos e ambiente construído		
		x	Desenvolver soluções de ordenamento e planeamento urbano das frentes ribeirinhas e litorais em resposta aos impactos do aumento do nível médio do mar e da ocorrência de eventos meteorológicos extremos.	5, 9, 10
		x	Promover a articulação transnacional para lidar com agentes bióticos nocivos para a saúde pública , as formas de controlo dos vetores, o aviso, a monitorização e as respostas organizacionais.	2, 6
		x	Identificar os grupos de risco, as práticas socioculturais, o contexto organizacional e os recursos para combater e responder ao impacto dos agentes nocivos sobre a saúde humana.	1, 2, 5, 10
		x	Capacitar as instituições e os profissionais de saúde para identificação, monitorização, comunicação e resposta a surtos de doenças como Dengue, Zika e Febre-amarela ou outros com impacto na saúde pública, decorrentes das Alterações Climáticas.	2, 4, 6, 10
x		x	Desenvolver <i>nature-based solutions</i> para proteger e/ou translocar os habitats naturais dos sistemas estuarinos e litorais , de modo a responder à subida do nível da água do mar e à salinização.	5, 7, 8, 10
x		x	Gerir recursos hídricos à escala transnacional e conciliar os interesses das partes.	6, 7, 8
x	x		Aprofundar a caracterização dos recursos genéticos das principais espécies, terrestres e marinhas , estudando a sua vulnerabilidade, em particular no que concerne aos seus traços adaptativos.	8, 9
x	x	x	Criar um sistema de avaliação dos serviços de ecossistemas tendo por base cenários de perda de solo, <i>stress</i> hídrico e perda de biodiversidade	6, 8, 9
x	x	x	Criar um sistema de informação da qualidade e produtividade do solo tendo por base cenários temporais de variação regional de erosão, perda de solo e <i>stress</i> hídrico.	4, 5, 8
x	x	x	Criar modelos e cenários de perigo, vulnerabilidade e risco para os sistemas florestais, fluviais, estuarinos e costeiros , para melhorar o alerta e aviso e a resposta de emergência em tempo real.	1, 2, 4, 10

Domínios de investigação			<i>Questões-chave para a investigação sobre a adaptação de sistema e setores</i>	Eixos científicos principais
Sistemas naturais	Sistemas geridos por ação antrópica	Sistemas humanos e ambiente construído		
x	x	x	Desenvolver instrumentos e práticas de conservação e requalificação de massas de água superficiais e proteção de águas subterrâneas para abastecimento público, sobre o uso de recursos alternativos e complementares, assim como avaliação dos custos e benefícios de incorporação de novas práticas de uso e recuperação e o desenvolvimento de outras soluções tecnológicas de captação, armazenamento e distribuição.	4, 5, 8, 9
x	x	x	Desenvolver processos tecnológicos para melhorar os custos e eficiência dos processos de dessalinização de água do mar , bem como a demonstração dos co-benefícios da utilização desta em sistemas de armazenamento e distribuição múltiplos.	4, 8, 9
x	x	x	Gerir recursos hídricos à escala transnacional , conciliando os interesses das partes e promovendo sinergias que possam surgir de soluções de adaptação partilhadas	6, 8, 9, 10
x	x	x	Gerir os recursos hídricos em ambiente urbano, incorporando soluções de ordenamento do uso e ocupação do solo, de planeamento e desenho urbano , de desenvolvimento de ferramentas e soluções tecnológicas para redução do consumo e perdas de água nos sistemas de armazenamento, transporte e distribuição, aplicação de ferramentas e soluções tecnológicas para a gestão das águas residuais e seu reaproveitamento.	4, 5, 8, 9
x	x	x	Capacitar as organizações para assegurar o acesso, distribuição de energia, água, alimentos, energia, comunicações e prestação de cuidados de saúde em caso de eventos meteorológicos extremos , tais como tempestades, tornados, outros fenómenos extremos de vento, frentes tropicais e precipitações intensas.	2, 3, 9
x	x	x	Avaliar a viabilidade de um regime de transição da propriedade privada das águas subterrâneas para um regime público de gestão sustentável das massas de água subterrâneas , em face a cenários de diminuição das disponibilidades.	2, 7, 8, 9,
x	x	x	Regular e capacitar as organizações para controlo da qualidade do ar com impacto na saúde pública , nomeadamente as relacionadas com infeções respiratórias e doenças cardiovasculares.	1, 2, 4, 5
x	x	x	Regular e capacitar as organizações para controlo da qualidade da água e dos alimentos com impacto na saúde pública , nomeadamente quando relacionada com doenças infecciosas, como a cólera e a campylobacteriose, entre outras doenças de origem alimentar.	1, 2, 5, 10

4.4 MITIGAÇÃO E POLÍTICAS DE NEUTRALIDADE CARBÓNICA

4.4.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

O Acordo de Paris (COP21), subscrito por Portugal e pela UE, estabelece o objetivo de limitar o aumento da temperatura média global no final do século, bem abaixo dos 2°C acima dos níveis pré-industriais, e prosseguir esforços para limitar esse aumento a 1,5°C, reconhecendo que isso reduzirá significativamente os riscos e impactos das Alterações Climáticas. Trata-se de um desafio de longo prazo, e só as reduções globais de emissões de gases com efeito de estufa (GEE) programadas até 2050, pelo menos na ordem dos 50% em relação aos valores atuais, permitirão uma trajetória compatível com aquele objetivo. Nesse enquadramento, a UE estabeleceu no seu Quadro de Ação relativo ao clima e Energia para 2030, uma meta de redução de emissões de GEE de, pelo menos, 40% em relação a 1990 (com reduções nos setores abrangidos pelo Regime de Comércio de Licenças de Emissão da EU (CELE) de 43% face a 2005 e de 30% nos restantes setores), uma meta de 27% de energias renováveis e uma meta indicativa para aumento da eficiência energética de 27%. Foi ainda fixada uma nova meta para as interconexões energéticas de 15% da capacidade de interligação, por forma a assegurar a plena participação de todos os Estados-membros no mercado interno da energia.

As metas relativas às energias renováveis e eficiência energética viriam a ser posteriormente revistas em alta, no âmbito do Pacote Legislativo “Energia Limpa para todos os Europeus”¹³⁸, apresentado em 2016 pela Comissão Europeia com o objetivo de promover a transição energética na década 2021-2030, tendo em vista o cumprimento do Acordo de Paris e, simultaneamente, o crescimento económico e a criação de emprego. Neste sentido, a União Europeia aprovou metas ambiciosas que visam alcançar, em 2030: (i) 32% de quota de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto; e (ii) 32,5% de redução no consumo de energia primária sem usos não energéticos (mantendo-se a meta de redução de emissões e a meta de interligações elétricas).

Em consonância com os esforços em curso a nível internacional, Portugal comprometeu-se em 2016 a assegurar a neutralidade das suas emissões até ao final de 2050, traçando uma visão clara relativamente à descarbonização profunda da economia nacional, tendo sido desenvolvido o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050), adotado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 107/2019, de 1 de julho.

Neste roteiro são apresentadas trajetórias alternativas até 2050 com metas intercalares, nomeadamente em 2030, para quatro componentes setoriais como principais responsáveis pelas emissões de GEE e pelo sequestro de carbono: Energia; Transportes; Resíduos; e Agricultura/Florestas/Usos do Solo, suportadas em três componentes transversais: Cenários Socioeconómicos, Economia Circular e Envolvimento da Sociedade¹³⁹.

Foi pois possível rever as metas de redução de emissões de GEE anteriormente estabelecidas no âmbito do PNAC 2020/2030, num sentido de aumento de ambição. Assim, no âmbito do Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 as mesmas passaram a ser de -45% a -55% até 2030, -65% a -75% até 2040, e de -85% a -90% até 2050, de emissões de GEE em relação a 2005.

Alinhado com esta visão e desenvolvido em articulação com o RNC2050, o Plano Nacional integrado Energia Clima 2030 (PNE C2030) de Portugal, que se enquadra nas obrigações decorrentes do Regulamento (UE) n.º 2018/1999, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de dezembro de 2018,

¹³⁸ <https://www.consilium.europa.eu/pt/press/press-releases/2019/06/25/council-outlines-principles-and-priorities-for-the-future-of-energy-systems-in-the-energy-union/>

¹³⁹ <https://descarbonizar2050.pt/>

relativo à Governação da União da Energia e da Ação Climática, será o principal instrumento de política energética e climática para a década 2021-2030.

Este PNEC 2030, tal como o RNC 2050, assenta numa visão estratégica para o horizonte 2030, de “Promover a descarbonização da economia e a transição energética visando a neutralidade carbónica em 2050, enquanto oportunidade para o País, assente num modelo democrático e justo de coesão territorial que potencie a geração de riqueza e o uso eficiente de recursos”, sendo o seu contributo decisivo para a definição das linhas de atuação prioritárias para a próxima década.

No PNEC 2030 foram inscritas as seguintes metas para 2030: -45% a -55% de emissões de GEE¹⁴⁰; 35% de aumento de eficiência energética¹⁴¹; 47% de energias renováveis; 20% de renováveis nos transportes e 15% de interligações elétricas.

Assim, Portugal assumiu, de forma clara, o compromisso da transição energética, com o objetivo de redução das suas emissões de gases com efeito de estufa. Para além do setor energético, todos os restantes setores da economia deverão contribuir para alcançar estas reduções de emissões, aumentando a eficiência e a inovação, promovendo melhorias, nomeadamente nos edifícios, na agricultura, na gestão dos resíduos e nos transportes.

Outro grande desafio em matéria de Alterações Climáticas está relacionado com o espaço urbano (cidades e megacidades) que deverão tornar-se *‘living labs’* (laboratórios vivos) preferenciais para projetos de I&I visando a descarbonização. Em 2015 cerca de 4 biliões de pessoas (54% da população mundial) vivia em cidades e, até 2030, prevê-se que 6 em cada 10 pessoas habitem em espaço urbano (ONU, 2018).

As florestas são importantes sumidouros de carbono (*‘carbon sinks’*), sendo que a taxa de sequestro de carbono é variável e função de vários parâmetros (Pereira *et al.*, 2006). O aumento da frequência e intensidade de fenómenos meteorológicos extremos podem causar danos severos nas florestas (Pereira, 2014; Ryan, 2011). Neste contexto, existem desafios para que as florestas possam atuar como sumidouros de carbono que apontam designadamente para: a gestão ativa dos espaços florestais; o controlo e a redução dos incêndios florestais; o controlo e a gestão de pragas/doenças florestais; e a valorização económica dos produtos da floresta.

Com o intuito de alterar em larga escala o Sistema Climático no sentido da mitigação dos impactos das Alterações Climáticas, tem sido dedicada crescente atenção internacional a métodos e tecnologias que se enquadram no conceito de “geoengenharia”, sobre os quais subsistem contudo algumas reticências, nomeadamente quanto a efeitos colaterais. As intervenções neste âmbito são dirigidas quer para a gestão da radiação solar através da injeção de aerossóis atmosféricos, quer para a remoção de dióxido de carbono diretamente da atmosfera através do incremento de sumidouros naturais ou da utilização de produtos químicos.

Vários desafios constam no Programa Quadro de I&I da UE (Horizonte 2020, a que se seguirá, até 2027, o Horizonte Europa). A inovação que permita criar novos mercados (*‘market-creating innovation’*) e a cooperação em matéria de energia, clima, transportes e mobilidade e ciências sociais, são essenciais, nomeadamente, para a área *‘Building a Low Carbon, Climate Resilient Future: Low carbon and Sustainable Transport’*. Exemplos de respostas serão: a operacionalização dos Acordos de Paris com base em sólida evidência científica; medidas para acelerar a mobilidade elétrica (multimodal) e outras

¹⁴⁰ Sem contabilização das emissões de uso do solo, alteração do uso do solo e florestas (LULUCF).

¹⁴¹ Redução no consumo de energia primária sem usos não energéticos. Por comparação com as projeções do modelo PRIMES de 2007.

visando a neutralidade carbónica até 2050; o uso de abordagens colaborativas por equipas de investigadores, cidadãos e outros ‘stakeholders’ (por exemplo, cidades, operadores de transporte, indústria), designadamente para o codesenvolvimento de novas tecnologias e serviços.

4.4.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos

No âmbito da I&I em modelos de avaliação dos impactes socioeconómicos das políticas de mitigação, o *Joint Research Centre* (JRC) da CE desenvolveu instrumentos para apoiar a implementação de políticas de mitigação centradas na análise dos efeitos macroeconómicos das medidas aplicadas a setores intensivos em carbono, com orientação para o crescimento verde (por exemplo, caso dos impostos ambientais, contabilidade verde) e dispõe de modelos integrados clima-energia-economia. O projeto HybCO2 (*Hybrid Approaches to Assess Economic, Environmental and Technological Impacts of Long Term Low Carbon Scenarios - The Portuguese Case*)¹⁴², cofinanciado pela FCT, teve como principal objetivo o estudo de modelos que permitam reduzir a incerteza e melhorar a avaliação dos impactes e do desenvolvimento socioeconómico de diferentes cenários de mitigação do carbono, definidos para o longo-prazo.

No subtema da descarbonização da mobilidade, Portugal tem participado nos últimos dez anos em projetos de investigação científica financiados, nomeadamente, pelos 7ºPQ e H2020 da EU. O projeto OPTIMISM (*Optimising Passenger Transport Information to Materialise Insights for Sustainable Mobility*)¹⁴³ deu ênfase ao transporte de passageiros e à mobilidade numa perspetiva multimodal, e incluiu a avaliação do impacto da co-modalidade e das tecnologias de informação na descarbonização. O projeto SOLUTIONS (*Sharing Opportunities for Low Carbon Urban Transportation*)¹⁴⁴ centrou-se em soluções inovadoras de baixo carbono para cidades na transição para a uma mobilidade hipocarbónica na Europa. O projeto USE-iT (*Users, Safety, Security and Energy in Transport Infrastructure*)¹⁴⁵ considerou as emissões de carbono e a eficiência energética em todos os modos de transporte, tendo identificado áreas prioritárias de investigação para a descarbonização.

No contexto urbano, o programa CIVITAS¹⁴⁶ da CE financia, desde 2002, projetos visando a implementação de medidas inovadoras para a melhoria da mobilidade, contribuindo para um maior conhecimento sobre vários tipos de medidas que interessam à descarbonização. Da experiência acumulada nesta rede, que inclui também várias cidades portuguesas, conclui-se ser necessária mais investigação aplicada, não só para avaliar os efeitos, ao longo do tempo, associados a cada medida e à combinação de medidas de vários tipos, mas também para definir sistemas integrados de avaliação de medidas de energia-transportes-clima para os fins das políticas públicas (incluindo indicadores de custo-eficácia ambiental).

No domínio das florestas é considerável o progresso científico observado nos últimos dez anos e que envolveu estudos desenvolvidos por equipas portuguesas, frequentemente em colaboração com redes de investigação internacionais. Neste âmbito, destacam-se estudos sobre: o impacto de eventos extremos e de seca prolongada no sequestro de carbono em ecossistemas florestais (CARBOEUROPE¹⁴⁷) (Cerasoli *et al.* 2016; Costa e Silva *et al.* 2015); a perigosidade do *stress* biótico e resiliência das espécies

¹⁴² <http://cenariosportugal.apambiente.pt/en/Projecto/default.asp>

¹⁴³ <http://www.optimismtransport.eu/>

¹⁴⁴ https://cordis.europa.eu/project/rcn/110498_en.html

¹⁴⁵ <http://www.useitandfoxprojects.eu/>

¹⁴⁶ <https://civitas.eu/>

¹⁴⁷ <http://www.carboeurope.org/>

florestais (FORRISK¹⁴⁸) (Branco *et al.* 2017); a seleção de plantas (espécies e proveniências) adequadas para os cenários de alteração do clima (CREOAK¹⁴⁹) (Sampaio *et al.* 2016); (REINFFORCE¹⁵⁰) (Correia *et al.* 2018); e a base de apoio molecular à seleção de recursos genéticos.

No âmbito da captura e armazenamento de CO₂ são de referir os seguintes projetos de I&I. O projeto COMET¹⁵¹, do 7º Programa-Quadro, que visa avaliar o custo-eficiência de uma infraestrutura eficaz de transporte e armazenamento geológico de CO₂ que sirva a zona do Mediterrâneo Ocidental (Portugal, Espanha e Marrocos).

O projeto de sequestro e utilização do CO₂ através da produção de microalgas, desenvolvido pela empresa Secil e em funcionamento na fábrica Cibra, em Pataias. Para além de capturar o CO₂ emitido pelo processo de produção de cimento, as algas são posteriormente aproveitadas como biomassa e reutilizadas na alimentação, estética, cosmética, saúde e produção de biocombustíveis. E o projeto eCO₂blocks que envolveu um *spin-off* de uma Universidade, que permitiu o desenvolvimento de uma tecnologia de produção de materiais para a construção com propriedades semelhantes às do cimento a partir de escórias e outros resíduos mas sem o impacto negativo das emissões, através da absorção de CO₂ a partir de resíduos e escórias, dispensando a utilização da água potável e de recursos naturais minerais. Nos dois últimos projetos referidos, a exploração comercial destes dos novos materiais permite antever efeitos positivos em termos de sustentabilidade, numa lógica de economia circular, e também em termos de mitigação.

No setor energético, os principais desenvolvimentos científicos têm incidido fundamentalmente sobre fatores relacionados com a eficiência energética (a nível de produção, distribuição, consumo e iluminação). São exemplos disto: *i*) as novas tecnologias que permitem integrar processos, modelação matemática e tecnologia *Pinch*; *ii*) os sistemas de iluminação de menor consumo energético, nomeadamente com recurso a equipamentos LED; *iii*) a investigação sobre bioenergia e biorefinarias, no sentido de aumentar a eficiência das centrais térmicas a biomassa; a produção conjunta de eletricidade e calor (CHP); a produção de novos biocombustíveis, por exemplo, Dimetil éter (DME), e de novos bioprodutos; o aumento da eficiência dos processos de produção de biodiesel; *iv*) e a investigação que permita a redução do custo dos equipamentos para a produção de eletricidade a partir do vento, aerogeradores, e sobretudo da energia solar (por exemplo, painéis fotovoltaicos).

4.4.3 As questões-chave para uma agenda de investigação

Os tópicos de investigação a abordar foram organizados de acordo com **cinco eixos** principais (ver Tabela 4.4):

1. **Melhoria dos conhecimentos** relacionados com a mitigação;
2. **Desenvolvimento de metodologias de avaliação e de modelos de análise** para suporte a medidas de redução de emissões e de aumento do sequestro de carbono;
3. **Desenvolvimento de soluções tecnológicas** que contribuam para a mitigação;
4. **Estudo de soluções e respostas** para a implementação efetiva da mitigação, centradas no princípio do utilizador/consumidor;
5. **Estudo de soluções e respostas** ao problema da mitigação direcionadas para os decisores e entidades gestonárias.

¹⁴⁸ <http://forrisk.efiatlantic.efi.int/?lang=pt>

¹⁴⁹ <https://cordis.europa.eu/project/rcn/68944/factsheet/en>

¹⁵⁰ <http://www.iefc.net/newsite/sitereinfforce/pt/>

¹⁵¹ <https://cordis.europa.eu/project/rcn/93469/en>

Tabela 4.4: Questões-chave para a investigação sobre mitigação e políticas para a neutralidade carbónica

Domínio de Investigação			Questões-chave para a investigação sobre mitigação e políticas para a neutralidade carbónica	Eixos Principais
Sistemas naturais	Sistemas geridos por ação antrópica	Sistemas humanos e ambiente construído		
x	x		Melhor conhecimento em relação ao impacto dos eventos externos e à contribuição do sub-bosque no balanço de carbono e no uso da água.	1
x	x		Desenvolvimento de metodologias eficazes para a avaliação e inventário das emissões de GEE, e para a avaliação da eficácia dos sumidouros de GEE , quer naturais (floresta, agricultura e oceanos) quer por geoengenharia.	2
x	x		Analisar novas formas de gestão de áreas marinhas protegidas, nas zonas costeiras e no mar alto , com vista à conservação das funções do ecossistema, incluindo a conservação de sumidouros de carbono, a redução de <i>stressores</i> múltiplos, a disponibilidade de <i>stepping stones</i> para os migrantes climáticos, a proteção de predadores de topo, a conservação da diversidade genética, e a prevenção da libertação de carbono associada à destruição de habitats por artes de pesca.	1, 5
x	x		Redefinição dos modelos de implementação e gestão de redes de áreas terrestres e marinhas protegidas com vista à proteção dos processos de fixação e armazenagem de carbono.	1, 2, 5
x	x		Desenvolvimento de técnicas de gestão florestal que sejam defensivas face ao risco de incêndio , e procurem manter ou melhorar a rendibilidade das explorações florestais, num contexto de sustentabilidade ecológica e socioeconómica.	1, 2, 3, 5
x	x		Avanços na tecnologia para produção de energia a partir de ondas.	3
x	x	x	Otimizar as tecnologias de limpeza dos sobrantes de biomassa agro-florestal em espaços rurais , e também da logística integrada da respetiva recolha, que sejam sustentáveis ecológica e temporalmente, de forma a abranger todas as áreas com elevado índice de densidade florestal.	3, 5
x	x		Promover estudos científico-tecnológicos específicos que identifiquem as espécies florestais que melhor sirvam para a armazenagem de carbono através da fotossíntese .	3, 5
	x	x	Desenvolvimento de modelos que permitam reequilibrar e redimensionar os sistemas de agricultura que mais contribuam para as emissões de GEE (atividade pecuária e fertilização).	2

Domínio de Investigação			<i>Questões-chave para a investigação sobre mitigação e políticas para a neutralidade carbónica</i>	Eixos Principais
Sistemas naturais	Sistemas geridos por ação antrópica	Sistemas humanos e ambiente construído		
	x	x	Desenvolvimento de tecnologias de captura de metano (pecuárias intensivas) e da sua posterior utilização para produção de energia para autoconsumo; e de tecnologias de aproveitamento de “resíduos” na criação de novos produtos, tais como materiais de construção e de isolamento.	3
	x	x	Reavaliação das tecnologias e dos modelos de negócio de geração de energia com base na biomassa florestal e resíduos urbanos.	5
	x	x	Tecnologias de produção de energia solar térmica e fotovoltaica , no sentido de aumentar a eficiência da produção de eletricidade, diminuir os preços e incentivar o seu consumo.	3
	x	x	Desenvolvimento, aprofundamento e melhoria de práticas AFOLU (<i>Agriculture, Forestry and Other Land Use</i>) em Portugal , que incluam, por exemplo, tecnologias que induzam precisão e inteligência no uso de recursos, com base nas tecnologias de informação mais avançadas; incorporação, nos principais sistemas de agricultura, de práticas melhoradoras do solo (culturas melhoradoras e outras), tendo em vista o seu papel no contributo para o sequestro de carbono; ou tecnologias com baixa incorporação de carbono, tais como novos fungicidas e inseticidas de origem biológica, entre outras possíveis.	3
		x	Avaliação dos impactes socioeconómicos (incluindo os efeitos distributivos) e ambientais de diversos instrumentos de política para a neutralidade carbónica; construção de bases de dados e desenvolvimento de modelos macroeconómicos , visando a melhoria dos sistemas de apoio à decisão.	5
		x	Análise prospetiva de uma reestruturação da estrutura tributária no sentido de melhorar a sua eficiência na implementação do processo de descarbonização , assegurado a neutralidade orçamental – especialmente, reavaliar a taxa de carbono em função de pegada carbónica dos processos produtivos e dos padrões de consumo mais sustentáveis; reestruturação do sistema fiscal sobre imóveis.	5
		x	Estudo de sistemas de remuneração estruturados pelos serviços ambientais prestados (por exemplo, pela captura do carbono, ou pela manutenção dos ecossistemas naturais, entre outros).	4, 5
		x	Análise prospetiva da adoção de sistemas de contabilidade nacional verdes , que permitam refletir os impactes sociais das decisões dos agentes económicos e financeiros.	5

Domínio de Investigação			<i>Questões-chave para a investigação sobre mitigação e políticas para a neutralidade carbónica</i>	Eixos Principais
Sistemas naturais	Sistemas geridos por ação antrópica	Sistemas humanos e ambiente construído		
		x	Estudo das consequências da intermitência das energias eólica e fotovoltaica no sistema elétrico , que aborde as questões científicas, tecnológicas e ambientais ligadas à "armazenagem" de eletricidade, nomeadamente através de novos sistemas eletroquímicos/baterias capazes de armazenarem de forma eficiente grandes quantidades de energia elétrica.	3
		x	Identificação dos instrumentos de política, mais adequados para a promoção da produção descentralizada de eletricidade , ou seja, para a dinamização dos <i>'prosumers'</i> , no contexto nacional.	4, 5
		x	Avaliação dos impactos sociais, económicos e ambientais da adoção de modelos de cooperativas de energia renovável , para o contexto cultural e institucional de Portugal.	4, 5
		x	Estudo de instrumentos inovadores para a promoção da suficiência energética (que inclui eficiência energética).	3
		x	Estudar a otimização das disponibilidades de eletricidade nos dois lados dos Pirinéus , reforçando as Interligações entre a França e a Península Ibérica e garantindo uma gestão adequada de todas as potências elétricas disponíveis no âmbito do MIBEL, incluindo a adequada utilização das fontes renováveis intermitentes.	3, 5
		x	Desenvolvimento de metodologias de avaliação <i>ex ante</i> e <i>ex post</i> das políticas de mitigação e de neutralidade carbónica , tendo em vista obter indicadores dos efeitos combinados, positivos e negativos, económicos, ambientais e sociais.	2
		x	Estudo de novos padrões de consumo para neutralidade carbónica, e sobre a relação percepção / atitudes / comportamento dos agentes, que permitam a criação de incentivos (económicos e legais) para a alteração de comportamentos dos consumidores , para a geração adoção de soluções estruturantes, inovadoras e disruptivas de baixas emissões de carbono, incluindo a opção por energias renováveis (por exemplo, baseada na mobilidade elétrica) na operação otimizada de serviços de transporte (em particular nas redes de transporte público) e nos processos produtivos dos setores industriais que mais contribuem para as emissões de GEE.	4, 5
		x	Desenvolvimento de instrumentos para a intermodalidade verde nas cadeias logísticas de transporte, incluindo o transporte marítimo-ferroviário.	3

Domínio de Investigação			<i>Questões-chave para a investigação sobre mitigação e políticas para a neutralidade carbónica</i>	Eixos Principais
Sistemas naturais	Sistemas geridos por ação antrópica	Sistemas humanos e ambiente construído		
		x	Desenvolvimento de novos modelos de negócio para viabilizar a mobilidade elétrica e a gestão integrada da mobilidade e energia.	5
		x	Desenvolvimento de modelos de política de preços do carbono (<i>Carbon Pricing</i>) para a mobilidade urbana: desenvolvimento de instrumentos de suporte à definição de preços justos e eficientes no transporte urbano e interurbano, fazendo uso de uma perspetiva multimodal e de princípios de equidade e de eficiência.	4, 5
		x	Avaliação dos efeitos socioeconómicos, incluindo a análise de equidade social, associados aos novos serviços de mobilidade de baixas emissões em cada contexto regional/local (por exemplo, serviços de mobilidade elétrica partilhados com recurso a plataformas tecnológicas) e de tecnologias de transporte emergentes (por exemplo, veículos autónomos e conectados).	2

CAPÍTULO 5 – PERSPETIVAS DE INOVAÇÃO SOCIAL OU TECNOLÓGICA

5.1 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DE PRODUTOS, PROCESSOS E SERVIÇOS

5.1.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

Os principais desafios em termos de Inovação tecnológica de produtos, processos e serviços relacionados com as Alterações Climáticas no nosso país estão centrados no desenvolvimento de novos recursos tecnológicos e de processos que melhorem as soluções de adaptação e de mitigação, incluindo tecnologia e processos para a redução do risco de desastres e redução das emissões de GEE. Estes desafios decorrem em grande parte de acordos, agendas, estratégias e decisões políticas assumidas no quadro de instâncias mundiais, europeias e nacionais.

A sua implementação implica medidas eficazes de gestão do risco e da proteção de pessoas, comunidades e bens de forma mais eficaz, bem como o acréscimo da resiliência de pessoas, instituições, sistemas, comunidades e da sociedade em geral para o qual o entendimento do risco de desastres, o fortalecimento da gestão do risco, o investimento na redução de riscos e na resiliência são indispensáveis.

Um dos principais objetivos até 2030 deverá ser a criação de conhecimento para a otimização dos ciclos biogeoquímicos e de energia, para o desenvolvimento de novos materiais duráveis e sustentáveis, e para o aumento da eficiência dos processos de armazenamento, transformação e distribuição de energia e matéria. Este subtema poderá incluir, entre outros objetivos:

- O desenvolvimento de novos materiais e de soluções no âmbito da engenharia (produção de produtos e componentes para a construção resiliente e durável, isolamento térmico de edifícios e otimização da utilização energética da biomassa florestal);
- Melhorias da eficiência energética nos processos, tecnologias e sistemas de gestão industriais;
- Soluções para responder à intermitência das energias hídrica, eólica, solar e oceânica e respetivos efeitos sobre a segurança do abastecimento e estabilidade da rede elétrica;
- Otimização de processos de integração energética e de separação e tratamento de resíduos;
- Promoção de sistemas integrados de reutilização de águas residuais e melhoramentos no ciclo urbano da água.

Um grande desafio em termos de Alterações Climáticas está relacionado com as cidades. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2018), em 2015 cerca de 4 biliões de pessoas (54% da população mundial) vivia em cidades. Até 2030 prevê-se que cerca de 70% da população viva em Cidades. As cidades contribuem ainda para 85% da geração do Produto Interno Bruto (PIB) e representam 75% do consumo da totalidade de recursos naturais e são responsáveis por 50% da geração de resíduos. São ainda responsáveis por 60 a 80% das emissões mundiais totais de CO₂.

Compreende-se, assim, que as cidades, representando uma concentração de recursos, de capital, de dados e de informação, sejam atores-chave da inovação tecnológica e social de produtos, de processos e de serviços. Por esta razão são igualmente motores da revolução da economia circular, potenciando o uso eficiente de recursos, a produtividade e competitividade, gerando crescimento e emprego e a redução de gases com efeito de estufa. As cidades podem ser consideradas *living-Labs* para a experimentação de soluções tecnológicas inovadoras com dimensão social. Concretamente consideram-se como oportunidades neste campo:

Em termos de **adaptação**:

- **O incremento da implementação de soluções de base natural (NBS - Nature-Based Solutions)** nas cidades e nas bacias hidrográficas envolventes;
- **A implementação de medidas de uso eficiente da água aos níveis urbano, industrial e agrícola**, incluindo o incremento do uso de águas para reutilização para fins compatíveis (por exemplo, rega, limpeza, usos industriais diversos);
- **O incremento da resiliência infraestrutural, social e societal** das cidades.

Em termos de **mitigação**:

- **Elaboração de roteiros para a neutralidade carbónica, a nível regional e intermunicipal, coerentes com o RNC2050 e articulados entre si**, que viabilizem uma transição coesa e envolvam a participação ativa das entidades dos diferentes níveis de organização territorial, dos agentes regionais e mais próxima do cidadão, com ações concretas ao nível das cidades (edificado, transportes) e da indústria;
- **Políticas de energia ao nível do incremento da eficiência energética** em todos os setores de atividade;
- **Políticas de incentivo à recolha, armazenagem e utilização de subprodutos e resíduos de biomassa** provenientes de atividades agroflorestais em meio rural, ao longo de todo o ano.

Em termos de **redução de risco de desastres**:

- **Planos de gestão** do risco e da emergência;
- **Utilização de novas tecnologias** de sensorização, de vídeo, de informação em tempo real, de inteligência artificial, de realidade aumentada para a redução dos efeitos de desastres;
- **Inovação social e societal** através do aumento do envolvimento participativo e da preparação para a ação no âmbito de planos de emergência.

5.1.2 Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos

Os principais desenvolvimentos em termos de inovação tecnológica de produtos, processos e serviços, na temática das Alterações Climáticas, durante a última década em Portugal, estão maioritariamente relacionados com o setor energético e caracterizam-se por:

- Evolução significativa em termos de mitigação;
- Sucesso em termos de participação de Portugal em projetos de ação climática europeus e internacionais e em redes internacionais;
- Crescimento significativo na dinâmica das cidades (infraestruturas verdes, gestão dos ecossistemas urbanos e da biodiversidade, gestão da água e da energia);
- Eletrificação do mix energético com a biomassa como complemento e a aplicação das tecnologias de integração de processos (por exemplo, tecnologia *Pinch*) à otimização energética dos processos industriais;
- Desenvolvimento tecnológico (por exemplo, *WaterPinch*) para otimização dos circuitos integrados dos processos de purificação e/ou reutilização de água, nomeadamente em complexos turísticos e industriais;
- Desenvolvimentos registados na área das biorefinarias, que visam uma produção integrada de vários bioprodutos e biocombustíveis a partir de subprodutos florestais/biomassa, e que beneficiaram da existência de grandes complexos industriais para o fabrico de celulose/papel com sistemas sofisticados de recolha e transporte de madeira/biomassa;

- Estudos tecnológicos efetuados, com vista a aumentar a eficiência entálpica global das centrais térmicas a biomassa, tanto as dedicadas e instaladas em meio rural como as de cogeração de eletricidade e vapor e instaladas em complexos/parques industriais.

5.1.3 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação

Durante a próxima década, as principais questões de investigação, oportunidades de inovação e respetivas aplicações práticas a desenvolver neste subtema estarão associadas a:

1. **Avaliação das condicionantes associadas à aplicação do critério tecnológico nos modelos de gestão do risco** (desenvolvimento e aplicação da tecnologia na prevenção, monitorização e mitigação do risco, avaliando os requisitos financeiros, institucionais, legais e éticos) de forma a obter níveis adequados de preparação e resposta;
2. Melhor compreensão das **motivações dos utilizadores no uso da tecnologia**, bem como a incerteza associada ao seu uso e os impactos resultantes de quebras e disrupções;
3. Desenvolvimento de **sistemas de alerta e de informação para a gestão dos fluxos de tráfego e de meios de emergência**, no decurso de incidentes, baseados em tecnologias de informação e comunicação (TIC), integrando sistemas terrestres e por satélite, e aplicações móveis;
4. Implementação de **métodos e técnicas de reparação rápida de infraestruturas** possibilitando a rápida abertura ao tráfego de trechos danificados em consequência de incidentes;
5. Desenvolvimento e aperfeiçoamento de **técnicas não intrusivas de levantamento e monitorização do estado de infraestruturas**, antes e após incidentes, com recurso a novas tecnologias (radar, laser, drones);
6. Desenvolvimento de **materiais, produtos e componentes para a construção de infraestruturas mais resilientes e duráveis** (incluindo os seus sistemas de drenagem), capazes de suportar padrões ambientais mais severos que os tradicionalmente considerados no projeto das mesmas;
7. **Incorporação de novas funcionalidades que atendam a novos requisitos decorrentes de fenómenos extremos**, em ferramentas de apoio à decisão, no âmbito de sistemas de gestão patrimonial de ativos utilizados pelas entidades gestoras das infraestruturas de transportes;
8. Desenvolvimento de **novos materiais de isolamento de edifícios**, com elevada capacidade de isolamento térmico, fortemente incombustíveis e com baixo custo de produção;
9. Desenvolvimento de **novos softwares de integração e demonstração prática de tecnologias em processos de PME's**;
10. Desenvolvimento de **novas bombas de calor (para fins industriais) que sejam mais eficientes** e capazes de vencer de forma económica diferenciais de temperatura mais elevados do que os atuais, permitindo assim a utilização economicamente relevante de excedentes entálpicos a baixos níveis térmicos;
11. Desenvolvimento de **tecnologias que permitam absorver os efeitos da intermitência das energias eólica e solar na rede elétrica** quer através da **otimização da produção de reatores eletroquímicos reversíveis (baterias)**, e da otimização dos circuitos de reciclagem e de reutilização dos componentes dessas baterias, reduzindo assim o impacto ambiental do respetivo ciclo de vida, quer através do **desenvolvimento de novos princípios científico –**

tecnológicos alternativos que permitam o armazenamento de grandes quantidades de eletricidade de origem intermitente;

12. **Reforçar as interligações elétricas entre a França e a Península Ibérica, e otimizar a partir dessa nova realidade todo o Sistema Elétrico do Mercado Ibérico de Eletricidade (MIBEL), bem como a gestão a gestão de fluxos a partir de fontes disponíveis em todo o Sistema Elétrico do Sudoeste da União Europeia (França, Espanha e Portugal);**
13. Desenvolvimento e otimização de **métodos de separação dos plásticos a partir de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)** para posterior utilização industrial;
14. Desenvolvimento de processos tecnológicos que permitam **aumentar a eficiência entálpica global das centrais a biomassa** através, por exemplo, da otimização da integração de processos dentro das próprias centrais, ou através da integração com outras unidades produtivas adjacentes promovendo a utilização do calor sobrando a baixos níveis térmicos;
15. Melhoramento dos **processos industriais de produção de pellets e de briquetes** e otimizar a **logística dos sistemas de recolha e transporte de resíduos de biomassa** até às unidades consumidoras;
16. Desenvolvimento tecnológico de **novos tipos de equipamentos que facilitem a utilização de biomassa para a produção industrial ou doméstica de calor**, como por exemplo de novos tipos de salamandras, de fogões de cozinha, de recuperadores de sala e de caldeiras que tornem a respetiva utilização muito mais cómoda e eficaz;
17. Desenvolvimento de projetos de inovação na área da **conversão de ETAR em fábricas de valorização de recursos com zero emissões de CO₂**.

5.2 GOVERNAÇÃO, INOVAÇÃO INSTITUCIONAL E SOCIETAL

5.2.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

Em Portugal, os principais desafios da governação, tanto dos sistemas de governo como dos de governança, e da inovação institucional e societal em Alterações Climáticas estão associados à **criação de condições de mudança** por parte de: (i) cidadãos informados, conscientes e proactivos; (ii) entidades públicas com cultura de trabalho colaborativo e competências técnicas e relacionais adequadas; (iii) entidades privadas que encarem as Alterações Climáticas não apenas como um risco sistémico mas também como uma oportunidade para as atividades que desenvolvem; (iv) entidades não-governamentais e movimentos cívicos que coloquem as Alterações Climáticas no centro das suas agendas e; (v) dirigentes políticos de nível nacional, regional e local que olhem estrategicamente para a governação e a inovação societal e institucional como fatores cruciais para lidar de forma eficaz e estrutural com as causas e os impactos nefastos das Alterações Climáticas e com os fatores suscetíveis de catalisar os seus efeitos potencialmente benéficos.

Neste contexto, a educação climática na ótica da sustentabilidade, a produção e comunicação de informação fiável e acessível, a capacitação técnica e relacional das diferentes organizações, a investigação interdisciplinar e a cocriação de conhecimento tecnicamente robusto e cientificamente credível, bem como o intercâmbio nacional e internacional de práticas inspiradoras, constituem as condições de base que permitirão favorecer a emergência de formas de inovação societal e institucional e de modelos de governação integrados de resposta criativa e eficiente aos desafios colocados pelas Alterações Climáticas.

5.2.2 Principais desenvolvimentos nos últimos dez anos

Nos últimos 10 anos, e em linha com as tendências globais, têm vindo a ganhar relevo no domínio dos estudos sobre Alterações Climáticas a produção de informação e conhecimento sobre:

- a) Perceções e práticas por parte de diferentes atores: cidadãos, entidades públicas e privadas e ONG (Schmidt et al., 2014; Schmidt e Guerra, 2018; Oliveira e Carvalho, 2017; Schmidt e Delicado, 2014; Schmidt, Delicado e Fonseca, 2016; Schmidt *et al.*, 2018);
- b) Discursos políticos e mediáticos e seus impactos (Areia *et al.*, 2019; Broadbent *et al.*, 2016; Campos *et al.*, 2017; Carvalho, 2011; Carvalho *et al.*, 2014; Carvalho *et al.*, 2016; Carvalho *et al.*, 2017; Horta e Carvalho, 2017; Horta *et al.*, 2017);
- c) Processos de participação na formulação, monitorização e avaliação de instrumentos públicos (políticas, estratégias, planos e programas) (Campos, Vizinho *et al.*, 2016; Carvalho, Pinto-Coelho e Seixas, 2016; de Freitas *et al.*, 2018);
- d) Modelos de governança multi-nível e multi-escala (Aguiar *et al.*, 2018; Campos *et al.*, 2018; Mourato *et al.*, 2018; O’Riordan *et al.*, 2014; Schmidt *et al.*, 2015; Zandvoort *et al.*, 2017);
- e) Movimentos alternativos e iniciativas de natureza experimental que prosseguem modos de vida, de consumo e de produção mais sustentáveis, bem como caminhos de transição, de natureza adaptativa ou transformadora, em direção a futuros desejados e possíveis (Campos, Alves *et al.*, 2016; Fernandes-Jesus *et al.*, 2017).

A emergência destes temas na agenda científica internacional e nacional foi, por sua vez, acompanhada por alterações metodológicas importantes. Verifica-se um recurso crescente a procedimentos mais colaborativos e inclusivos no âmbito das investigações desenvolvidas, proporcionando um reforço dos processos de cocriação e coprodução de conhecimento através do envolvimento, logo nas fases iniciais das pesquisas, de cidadãos e de *stakeholders* estratégicos para

a formulação de diagnósticos, definição de estratégias e identificação das medidas prioritárias, bem como das responsabilidades e condições para a sua concretização.

O carácter global das Alterações Climáticas e a grande diversidade regional e local dos seus impactos têm suscitado estudos comparativos e beneficiado da constituição de redes de investigação e cooperação científica com financiamento internacional, a par de estudos nacionais promovidos por entidades públicas e privadas para áreas geográficas ou setores económicos particulares.

Os projetos europeus com participação portuguesa: BASE (*Bottom-up Climate Change Adaptation Strategies for a Sustainable Europe*)¹⁵² (FP7), VISCA – *Vineyards’ Integrated Smart Climate Application*¹⁵³ (H2020), PRIMA - *Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area*¹⁵⁴ (H2020), ClimAdaPT.Local¹⁵⁵ (EEAGrants) e AdaptForChange¹⁵⁶ (EEAGrants), constituem exemplos de investigações de âmbito europeu e aplicação nacional.

A FCT tem igualmente financiado projetos no domínio das Alterações Climáticas que incluem aspetos de governação dos sistemas de governo e governança, bem como de inovação societal e institucional. Finalmente, autarquias, comunidades intermunicipais, áreas metropolitanas e CCDR têm vindo a financiar e/ou a desenvolver planos participados de adaptação às Alterações Climáticas a distintas escalas geográficas. A este conjunto de referências devem ainda adicionar-se não apenas estudos promovidos por atores económicos (empresas, associações), mas também teses de doutoramento e dissertações de mestrado.

5.2.3 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação

Tendo em conta a realidade nacional em termos de vulnerabilidades críticas, oportunidades a potenciar, níveis de conhecimento e consciencialização existentes, e discursos e práticas prevaletentes, os seguintes tópicos de investigação e aplicação deverão se considerados como prioritários:

Governação e Governança

1. **Análise da relação ciência-política**, visando identificar como a investigação tem sido levada em conta em processos de decisão políticos e sociais e promover essa relação como fator de boa governação e de inovação institucional e societal;
2. **Avaliação dos resultados e impactos de instrumentos de política, das intervenções de base comunitária e das formas de governação** de mitigação e adaptação às Alterações Climáticas desenvolvidos ao nível nacional, regional e local, com o objetivo de identificar os fatores favoráveis e inibidores da eficácia e eficiência das várias iniciativas;
3. **Análise da distribuição social de custos e benefícios de políticas públicas** e outras medidas de ação face às Alterações Climáticas numa ótica de equidade e justiça, com vista a apoiar uma adaptação justa e inclusiva que não agrave os problemas de vulnerabilidade já existentes nas comunidades abrangidas;

¹⁵² <https://base-adaptation.eu/>

¹⁵³ <http://visca.eu/index.php>

¹⁵⁴ <http://prima-med.org/>

¹⁵⁵ <http://climadapt-local.pt/>

¹⁵⁶ <http://echanges.fc.ul.pt/projetos/adaptforchange/>

4. **Desenvolvimento e aplicação de metodologias de coprodução de conhecimento** em processos de investigação sobre impactos e medidas de adaptação e mitigação em relação às Alterações Climáticas em distintos contextos geográficos (por exemplo, orla costeira, áreas com forte incidência do fenómeno de desertificação, cidades), socioculturais (por exemplo, grupos sociais, profissionais e etários) e económicos (por exemplo, atividades, fileiras, *clusters*);
5. **Desenvolvimento e aplicação de metodologias de democratização da governação das Alterações Climáticas**, através do aprofundamento da participação pública, incluindo os media digitais, na formulação e acompanhamento de políticas, de processos colaborativos de decisão, e de definição de prioridades de modos de governança policêntrica que incluam a gestão e o ordenamento do território face a riscos climáticos;
6. **Análise comparativa internacional de práticas de planeamento, processos de governação e política climática**, de implementação territorializada (ajustada às necessidades e potencialidades de áreas específicas), multissetorial (articulação entre diferentes áreas de governo), multinível (local, regional, nacional, União Europeia, organizações internacionais) e multiescala (articulação entre atores, instituições e redes com espaços de intervenção de geometria variável);
7. **Desenvolvimento e aplicação de metodologias colaborativas de construção de cenários** e de identificação coletiva de caminhos de transição baseados em processos transformadores de governação e de inovação institucional e societal.

Inovação institucional

8. **Estudo das determinantes da inovação e mudança institucional para a sustentabilidade**, através da análise e melhor compreensão dos valores, conhecimentos, competências, formas de organização, recursos humanos e financeiros e modos de liderança facilitadores de processos inovadores de respostas às Alterações Climáticas em entidades públicas, empresas e outras organizações;
9. **Análise dos processos institucionais**, e do modo como as instituições lidam com problemas de elevada incerteza e de longo prazo, de forma a tornarem-se mais resilientes (por exemplo, governança adaptativa, aprendizagem adaptativa, planeamento de longo prazo em contextos de forte incerteza, introdução dos princípios da prevenção e precaução, entre outros);
10. **Avaliação dos custos e benefícios socioculturais, ambientais e económico-financeiros** das diferentes medidas de adaptação como forma de apoiar a tomada de decisão;

Inovação societal

11. **Estudo das determinantes da inovação e mudança societal para a sustentabilidade**, através da análise, melhor compreensão e monitorização dos valores, perceções, atitudes, expectativas e práticas individuais e coletivas nos diferentes domínios relacionados com as Alterações Climáticas;
12. **Estudo de fatores culturais e simbólicos** (discursos, significados, representações) condicionadores do envolvimento público e do apoio político a medidas de ação (mitigação e adaptação);

13. **Estudo da remodelação de profissões e grupos profissionais e do papel dos trabalhadores/profissionais como atores-chave de mudança** (bloqueadores ou facilitadores) para o debate e concretização de opções relacionadas com novos valores ecológicos relevantes no domínio das Alterações Climáticas.
14. **Análise da emergência e difusão de iniciativas cívicas e outras iniciativas sociais** de mitigação e adaptação, do seu potencial transformador relativamente a práticas e valores, e do seu impacto em termos de consciencialização das possibilidades de ação a nível político, social, económico e territorial;
15. **Estudo e desenvolvimento de processos de *mainstreaming* de práticas experimentais**, nomeadamente através de laboratórios locais de aprendizagem, *scaling-up* de iniciativas-piloto, e sustentabilidade e replicabilidade de abordagens inovadoras de pequena escala (ativismo, redes comunitárias, processos localizados de cocriação de conhecimento);
16. **Análise e apoio ao desenvolvimento de novos modelos de produção, distribuição e consumo**, por exemplo associados à economia social e à economia de partilha;
17. **Definição e caracterização de conteúdos de educação** (ensino e formação), incluindo competências e veículos, formais e informais, analógicos e digitais, que promovam a literacia sobre Alterações Climáticas.
18. **Análise, desenvolvimento e implementação de estratégias inovadoras de comunicação e mobilização** no domínio das Alterações Climáticas numa ótica multissetorial.

Estes vários tópicos de I&I pressupõem a realização de estudos de contextos diferenciados do ponto geográfico, socioeconómico e institucional. Estes estudos deverão ser facilitadores quer de processos de sensibilização, mobilização e envolvimento efetivo dos vários atores relevantes, quer da elaboração de diagnósticos e formulação de estratégias e programas de adaptação ajustados às vulnerabilidades e potencialidades das áreas em estudo.

PARTE III - CONCLUSÕES

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES - AGENDA ESTRATÉGICA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO PARA O TEMA DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

6.1 Desafios e áreas estratégicas em Alterações Climáticas: a Agenda e a sociedade portuguesa

As Alterações Climáticas são um dos desafios mais prementes à escala global, e uma questão intergeracional à qual a comunidade científica internacional tem de dar uma resposta sem precedentes. A urgência da Ação Climática (ODS13) está relacionada com a transversalidade do tema das Alterações Climáticas e com a sua influência sobre maioria dos outros ODS (outros 12 dos 17 ODS envolvem diretamente ou indiretamente a Ação Climática). Por um lado, é um multiplicador de ameaças, com potencial para agravar alguns dos maiores desafios da humanidade, como a saúde, a pobreza, a fome, as desigualdades e a preservação dos ecossistemas. Por outro lado, oferece um enorme potencial para o desenvolvimento de estratégias com impacto positivo sobre esses objetivos.

Em Portugal, a Ação Climática representa uma prioridade nacional e tendo em atenção as suas características como um potencial *'hotspot'* de vulnerabilidades (ver caps. 1 e 4) um desafio estratégico para a I&I.

Esta Agenda de I&I sobre Alterações Climáticas pretende, assim, potenciar os necessários desenvolvimentos na transição para uma sociedade neutra em carbono e resiliente às Alterações Climáticas, através de medidas de adaptação, mitigação, e de redução e gestão de riscos, com base no melhor conhecimento técnico-científico e numa visão estratégica para a I&I nacional em Alterações Climáticas, para a próxima década.

Ao nível de políticas públicas, a I&I será fundamental para o sucesso do Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050), do Programa de Adaptação às Alterações Climáticas (P3AC) e do Plano Nacional Energia-Clima 2030 (PNEC 2030), permitindo que estes possam ser melhor projetados e contribuam efetivamente para a redução de vulnerabilidades e aumento de resiliência em Portugal.

Em linha com esta visão são em seguida resumidas as áreas estratégicas e respetivos desafios no âmbito as apostas de I&I que constam desta Agenda Temática. A elaboração desta Agenda foi estruturada em 4 subtemas da investigação (Cap. 4) e 2 subtemas de Inovação (Cap. 5).

De salientar que estes subtemas são interdependentes em vários aspetos, apresentando assim alguns desafios próprios, mas também apresentam vários que serão comuns, pelo que poderão ser foco de complementaridades ao nível das políticas públicas.

Subtemas de Investigação em AC:

1. O subtema **Sistema Climático e Alterações Climáticas** (Secção 4.1) responde ao repto do contínuo aprofundamento do conhecimento sobre o Sistema Climático com o objetivo de melhorar os modelos numéricos e a sua regionalização, as projeções e os cenários climáticos, por forma a produzir a informação fidedigna e útil para desenvolver as melhores respostas às Alterações Climáticas. Um dos maiores desafios da ciência do clima é a identificação de pontos de não retorno e os mecanismos de retroação a estes associados, bem como as consequências para o sistema Terra que daí advêm. Será crucial investir em dados de referência e no trabalho interdisciplinar para tratamento de dados de observação

da Terra (por exemplo, satélites) que visam a monitorização do clima e a caracterização dos impactos das Alterações Climáticas projetados pelos diversos modelos globais e regionais, tal como a sua avaliação por parte da comunidade científica nacional e internacional.

2. O subtema **Impactos e Vulnerabilidades** (Secção 4.2) apresenta como objetivo a melhoria da compreensão de como os sistemas naturais e humanos são afetados pelas Alterações Climáticas, assim como os mecanismos de retroação entre eles. Aponta-se como fundamental o desenvolvimento de métodos para a projeção (e se possível a previsão) e análise da magnitude, localização, e ocorrência temporal das condições climáticas futuras, em paralelo com um conhecimento profundo das características e do funcionamento dos sistemas. Só assim se poderá garantir a eficácia da avaliação dos riscos e vulnerabilidades, tendo por base a redução ou gestão das respetivas incertezas associadas. Tendo em conta a vulnerabilidade elevada do território nacional face às Alterações Climáticas, identifica-se a forte necessidade de caracterizar os espaços sensíveis aos impactos por eventos extremos, tal como as áreas costeiras, áreas estuarinas e as cidades.
3. O subtema **Adaptação de Sistemas e Setores** (Secção 4.3) aponta como principais desafios os relacionados com a vulnerabilidade social e com a necessidade de encontrar respostas às Alterações Climáticas a múltiplas escalas, preferencialmente centradas nos indivíduos e comunidades e que envolvam as partes interessadas. Realça ainda o necessário foco na capacidade institucional e no conhecimento dos processos de tomada de decisão, assim como nas infraestruturas críticas e no apoio ao desenvolvimento de soluções tecnologicamente evoluídas. Este subtema salienta ainda a necessidade de I&I que torne mais eficaz e sustentável o acesso a recursos naturais em quantidade e qualidade e que facilite o ordenamento e planeamento a partir de abordagens de gestão adaptativa, cujo objetivo seja a criação de territórios mais resilientes, diversos e preparados para as Alterações Climáticas e as consequências dos eventos climáticos extremos.
4. O subtema **Mitigação e Políticas de Baixo Carbono** (Secção 4.4) integra as necessidades de I&I com vista ao apoio às estratégias de redução nacional de emissões e a captura de GEE, e à progressiva melhoria dos sistemas de decisão nesta área. Relativamente à mitigação e às políticas públicas de neutralidade carbónica, o maior desafio para Portugal assenta no cumprimento da visão relativa à descarbonização profunda da economia nacional e neutralidade das suas emissões até 2050. Assim, este subtema salienta a necessidade de desenvolvimento de metodologias eficazes para a avaliação e inventário das emissões de GEE e para a avaliação da eficácia dos sumidouros de GEE, bem como a avaliação dos impactos socioeconómicos e ambientais de diversos instrumentos de política. Salienta-se o setor das florestas e do uso do solo onde o desafio é amplo, abrangendo a gestão florestal, o controlo e a redução dos incêndios florestais e a promoção da capacidade de sumidouro de carbono, entre outras vertentes. Salienta-se ainda os desafios relacionados com as tecnologias de produção de energia e com o espaço urbano, em especial as cidades, que se deverão transformar em laboratórios vivos para I&I relacionada com a descarbonização.

Subtemas de Inovação em AC:

1. O subtema **Inovação Tecnológica de Produtos, Processos e Serviços** (Secção 5.1) enquadra os desafios que impõem as Alterações Climáticas não apenas como um risco sistémico, mas também como uma oportunidade para emergirem diversas formas de inovação tecnológica como são exemplos o desenvolvimento de novos materiais e de soluções no âmbito da

engenharia e as potenciais melhorias da eficiência energética nos processos, tecnologias e sistemas de gestão industrial. Este subtema salienta ainda a necessidade do investimento na procura de soluções para responder à intermitência das energias renováveis através da melhoria ao nível do seu armazenamento com ganhos para a segurança do abastecimento e estabilidade da rede elétrica. Numa vertente relacionada salienta-se a necessidade de otimização de processos de integração energética e de separação e tratamento de resíduos, bem como da promoção de sistemas integrados de reutilização de águas residuais e melhoramentos ao nível do ciclo urbano da água e do incremento da resiliência infraestrutural, social e societal das cidades.

2. O subtema **Governança, Inovação Institucional e Societal** (secção 5.2) foca a necessidade de inovação que promova a criação de condições de mudança a partir do envolvimento de todas as partes interessadas e eventualmente afetadas pelas Alterações Climáticas. Destaca-se a necessidade de construção de comunidades resilientes às Alterações Climáticas, através de desenvolvimento de mecanismos de comunicação de risco e de governança, e o envolvimento público na coprodução de medidas de adaptação. Neste subtema são apontadas como estratégias abordagens de inovação que permitam uma análise robusta da relação ciência-política bem como da avaliação dos resultados, impactos e custos dos instrumentos de política, das intervenções de base comunitária e das formas de governança associadas a estas mudanças societais. O desenvolvimento de metodologias analíticas que permitam enquadrar o desenvolvimento do conhecimento e a sua aplicação nas vertentes de governança, inovação institucional e societal reveste-se de particular interesse estratégico para a inovação nacional em Alterações Climáticas.

Paralelamente à visão apresentada nesta Agenda de I&I não se pode deixar de referir a existência de potenciais dificuldades provenientes de setores cujos modelos de desenvolvimento exigirão ações de profunda transformação no âmbito da transição para a economia neutra em carbono, e para os quais poderão não existir, ou estarem rapidamente disponíveis, os recursos necessários. É pois essencial aprofundar a investigação sobre como vão reagir os atores que efetivamente poderão ver a sua atividade ser impactada pelas respostas às Alterações Climáticas e que tipos de alterações macroeconómicas serão produzidas ao nível dos múltiplos sistemas em causa.

6.2 Fatores críticos para o desenvolvimento futuro da investigação e inovação

Os impactos das Alterações Climáticas constituem-se como um desafio societal que salienta a importância da investigação interdisciplinar, incluindo projetos-piloto e laboratórios vivos, tal como abordagens multissetoriais para o desenvolvimento e teste de inovações tecnológicas e não tecnológicas (inovação societal, institucional, e novos modelos de negócio), seguindo os modelos de inovação aberta. A complexidade associada a I&I em Alterações Climáticas advém não apenas da multiplicidade de áreas científicas envolvidas, mas também da necessidade de estas cooperarem tanto no desenvolvimento de conhecimento teórico de base, quer de metodologias analíticas de aplicação comum aos problemas e desafios identificados. Adicionalmente, como em qualquer área científica, também na I&I em Alterações Climáticas coexistem um conjunto de fatores suscetíveis de condicionar ou potenciar a concretização das estratégias e dos desenvolvimentos propostos.

Nesta agenda foram identificados um conjunto de **fatores críticos** que podem condicionar ou contribuir para a operacionalização da visão e objetivos. Este conjunto de fatores é considerado transversal a todas as áreas de I&I identificadas, ou seja, pode de forma mais ou menos direta afetar

todos os 6 subtemas apresentados (Caps. 4 e 5). Em seguida são resumidos os principais **fatores críticos para o desenvolvimento futuro da I&I nacional em Alterações Climáticas**:

- a. **Interação científica em rede**, baseada no aprofundamento das ligações com a comunidade científica internacional nas múltiplas áreas identificadas nesta agenda (i.e. desde a observação, monitorização e modelação do clima até à inovação societal). Esta participação deverá ser fomentada através, por exemplo, da participação das equipas portuguesas em vários programas de cooperação internacional. De forma a dar continuidade aos resultados dos vários grupos nacionais já envolvidos e promover o envolvimento de novos grupos, é necessário potenciar o crescente impacto dos trabalhos nacionais nas várias redes científicas internacionais. O objetivo é assegurar a cocriação de conhecimento tecnicamente robusto e cientificamente credível, bem como o intercâmbio nacional e internacional de práticas inspiradoras. De forma a potenciar a participação ativa nessas redes e infraestruturas de investigação de topo ao nível global é, no entanto, fundamental que as instâncias de decisão nacionais optem, elas próprias, por um investimento continuado neste domínio (por exemplo, JPIs, KICs, IPCC entre outras).
- b. **Infraestruturas científicas de qualidade**, que permitam aos investigadores portugueses acesso aos meios necessários para desenvolver os seus trabalhos, incluindo dados. São exemplos, as (e-) infraestruturas de cálculo que permitam a realização de simulações climáticas a nível regional e global, bem como a respetiva análise e diagnóstico; ou as torres de fluxo existentes em Portugal (ICOS-PT) que permitem observações detalhadas dos fluxos de carbono, água e energia, em conjunto com variáveis meteorológicas. Por representam um pilar para a investigação nesta área e suportarem estudos a decorrer em outras áreas relevantes, a qualidade das infraestruturas deverá ser mantida a um nível de excelência internacional. Assim, deverá ser igualmente promovida a integração da investigação nacional em redes de infraestruturas internacionais relevantes, como por exemplo a integração do ICOS-PT na infraestrutura pan-Europeia '*Integrated Carbon Observation System*' (ICOS), entre outras, à semelhança do LTER-Portugal na eLTER ESFRI (*Integrated European Long-Term Ecosystem, Critical Zone & Socio-Ecological Research Infrastructure*). As políticas públicas deverão ainda apoiar a manutenção e renovação de infraestruturas (incluindo as infraestruturas verdes) em consórcio com um papel importante no desenvolvimento e na difusão dos conhecimentos, como é o caso de algumas recentemente aprovadas (por exemplo, e-infraestrutura PORBIOTA).
- c. **Recursos humanos qualificados**, com particular aposta no desenvolvimento e manutenção de equipas científicas competitivas, com recursos humanos qualificados internacionalmente e com condições de trabalho e vínculo adequadas. Será necessário dotar as instituições nacionais das condições que levem os investigadores (portugueses e estrangeiros) a reconhecer que a permanência em instituições e grupos em Portugal irá contribuir para uma formação pessoal e profissional de excelência. A investigação nesta área deverá contar com os meios financeiros adequados que permitam a contratação, predominantemente de forma estável, de investigadores de mérito. O recrutamento e capacitação de investigadores coordenem a atividade científica e de técnicos especializados que assegurem o funcionamento das mesmas, com os recursos e meios necessários, assim como uma aposta na formação em gestão e empreendedorismo científico serão essenciais para uma I&I em Alterações Climáticas mais competitiva em termos internacionais.

- d. **Processos eficientes de gestão de informação e dados**, que permitam a criação de conhecimento de excelência na temática, através da garantia de acesso à informação, à interoperabilidade dos dados e a fiabilidade dos modelos aplicados. Deverá ser reforçada a aposta na inovação tecnológica cujo objetivo seja o de permitir, de forma rápida e eficiente, o acesso a dados, imagens e informações, registos de monitorização contínua, cartografia e visualização de imagens em tempo real. O financiamento das instituições públicas responsáveis pela monitorização e disponibilização de informação deverá ser assegurado em níveis apropriados de forma a manter a recolha, tratamento, armazenamento e disponibilização dos dados de base essenciais à investigação em Alterações Climáticas. Deverá ainda ser promovida a interoperabilidade técnica e semântica dos sistemas de aquisição, armazenamento e comunicação de dados para projeção, previsão, monitorização e gestão dos riscos associados às Alterações Climáticas (por exemplo, cumprimento da diretiva INSPIRE¹⁵⁷) sem descurar a garantia da sua qualidade nas escalas temporais e espaciais adequadas à investigação desenvolvida.
- e. **Gestão financeira flexível e adequada à I&I**, que seja baseada nas melhores práticas internacionais de gestão científica, tendo como exemplo políticas públicas e privadas de reconhecida excelência no campo científico e da inovação societal. Será necessário promover o acesso total à informação científica através, por exemplo, de um maior apoio à participação em conferências e outros eventos internacionais e ao acesso expedito a literatura/revistas científicas nas múltiplas áreas cobertas pela temática das Alterações Climáticas. Adicionalmente será necessário apostar em outro tipo de apoios aos centros de I&I nacionais (por exemplo, administrativo, financeiro, gestão de projetos, comunicação) que lhes permita preparar de forma eficiente propostas a grandes concursos e liderar equipas em programas nacionais e internacionais. Simultaneamente será importante flexibilizar algumas regras de gestão financeira no sentido de permitir, por exemplo, o financiamento adequado da participação de cidadãos em atividades de investigação (por exemplo, *workshops* e grupos focais), métodos muitas vezes fundamentais nas ciências sociais mas muitas vezes inviabilizados por determinações ao nível da gestão financeira.
- f. **Interface academia-empresas-políticas públicas**, que deverá ser desenvolvido de forma transparente com o objetivo de potenciar uma articulação multisectorial coerente entre o desenvolvimento do conhecimento a partir da investigação académica e a sua aplicação a empresas e políticas públicas. Dada a necessidade de coexistência entre o investimento público e privado na I&I em Alterações Climáticas e uma vez que será fundamental atrair o setor privado para o financiamento da ação climática, será necessária uma cultura institucional mais aberta à colaboração entre entidades públicas e organizações privadas e não-governamentais. Tendo em vista a concretização da visão e os desenvolvimentos necessários neste domínio, será necessário retirar todo o partido possível das tendências recentes a favor de uma ciência e de uma administração mais abertas (*'open science'* e *'open government'*).
- g. **Educação, formação e capacitação**, deverão constituir-se num objetivo central para as entidades responsáveis pela política científica. Tendo em conta a necessidade de investir em novos mecanismos de governação dos sistemas de governo e governança e num esforço

¹⁵⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32007L0002>

eficaz ao nível da comunicação, deverão ser criados mecanismos de auscultação, diálogo e deliberação com ampla participação pública no domínio das Alterações Climáticas. As necessidades crescentes de produção e comunicação de informação científica fiável e acessível irão requerer formas participativas de envolvimento público na I&I para as Alterações Climáticas, incluindo ciência-cidadã quando apropriado. A alteração de comportamentos por parte dos cidadãos amplificará a necessidade da compreensão para questões de suscetibilidade, risco e adaptação. Será necessário capacitar a sociedade para as áreas do conhecimento do futuro, como as relativas aos sistemas sustentáveis de energia e da economia dos transportes e do ambiente (por exemplo, adesão a novos serviços de mobilidade integrados, escolhas de modo de transporte) e da sua articulação com a economia digital. A literacia científica sobre Alterações Climáticas será um fator crítico para o desenvolvimento da sociedade em geral pelo que deverá ser fortemente reforçada a formação de todos os agentes sociais relevantes, como são exemplo, os profissionais de saúde, educação, sociais, justiça, soberania e militares, assim como os profissionais de comunicação social e outros agentes públicos e privados envolvidos na educação e capacitação técnica e organizacional da sociedade civil.

6.3 Alterações Climáticas: Transversalidade Societal

As Alterações Climáticas têm consequências profundas e *transversais* a várias áreas da sociedade, nomeadamente ao nível económico, social e ambiental. O cruzamento destes domínios com o ODS 13 (Ação Climática) é inequívoco e atravessa vários setores e escalas (local, regional, nacional). É imperativo apostar na I&I interdisciplinar que se encontram na interface entre as áreas prioritárias para sociedade portuguesa. A temática das Alterações Climáticas é um exemplo desta interface, que funciona como uma área claramente agregadora de vários domínios do conhecimento científico e tecnológico, pois ao impactar sobre sistemas naturais e humanos, traduz uma série de desafios, ou mesmo uma necessidade de reconfiguração de alguns sistemas em respostas de adaptação, ou no fomento da resiliência destes.

Assim no contexto desta Agenda Temática foi analisada a transversalidade da temática das AC, a partir de uma revisão de como as Alterações Climáticas são mencionadas nas restantes Agendas Temáticas de I&I, desenvolvidas pelos peritos de investigação e inovação portuguesa, sob a coordenação da FCT (consultar o [website da FCT](https://www.fct.pt/agendastematicas/index.phtml)¹⁵⁸):

1. **Agroalimentar, Florestas e Biodiversidade.** As Alterações Climáticas afetam a **agricultura** em vários domínios, na redução de polinizadores, na incapacidade de satisfazer necessidades reprodutivas à floração e vernalização, pela probabilidade de ocorrência de doenças em culturas perenes de produção altamente intensiva, no aumento da erosão e lixiviação dos solos. Um quadro de Alterações Climáticas implica a investigação sobre novas culturas e biopesticidas, o melhoramento genético de culturas, e inovação na gestão dos recursos dos sistemas agroalimentares. Do mesmo modo as pescas e aquacultura sofrem impactos com as Alterações Climáticas dadas as inesperadas variações nas temperaturas da água com repercussões sobre a biodiversidade e a cadeia trófica. Deste modo, entre os desafios e objetivos para Portugal até 2030 é de salientar que no país tem de ser garantida a produção estável e segura de alimentos, num cenário complexo e incerto de escassez de recursos e de agravamento das Alterações Climáticas. O setor **florestal** é afetado pelo

¹⁵⁸ <https://www.fct.pt/agendastematicas/index.phtml>

agravamento dos efeitos das Alterações Climáticas, atingindo a produtividade que diminui em contraste com um aumento de mortalidade associada a incêndios, secas, tempestades e pragas e doenças. É necessário ultrapassar estes efeitos negativos dado que a floresta tem um papel fundamental no armazenamento e sequestro de carbono. Deste modo é indispensável melhorar a produtividade dos sistemas de produção florestal, através do aumento da qualidade e resiliência dos materiais florestais de reprodução, com recurso à genética e à biotecnologia, bem como a métodos de gestão florestal agrupada e profissionalizada. Requer também um aperfeiçoamento dos modelos preditivos utilizados para uma maior fiabilidade. No domínio da biodiversidade evidencia-se a necessidade do reforço do suporte aos sistemas de obtenção e atualização de dados territoriais e ao desenvolvimento de indicadores exequíveis, com metas de referência e protocolos de monitorização de biodiversidade, para auxiliar em ferramentas de apoio à decisão, em tempo útil. Portugal tem o potencial para ser considerado um “laboratório” de monitorização da influência das Alterações Climáticas sobre a biodiversidade, dada a sua localização geográfica e biofísica.

2. **Arquitetura Portuguesa.** Na interceção com as Alterações Climáticas, é realçado como fator crítico para o desenvolvimento futuro dos espaços urbanos e dos territórios, o eixo Cidade-Paisagem. Este eixo pode ser um veículo para o lançamento de políticas de desenvolvimento, de coesão e de regeneração urbana e territorial. Qualquer debate sobre modelos de sustentabilidade urbana onde se inserem as atividades de construção e/ou requalificação, deve ser realizada através: i) da planificação urbana em relação com a ecologia, ii) da introdução urgente de medidas de adaptação e mitigação dos efeitos das Alterações Climáticas, e iii) do desenvolvimento de modelos inter-regionais como instrumentos projetuais e políticos. Neste contexto, a Agenda da Arquitetura Portuguesa procura relacionar a investigação sobre a sustentabilidade do edificado (contribuição para ODS) e o projeto arquitetónico, sem que esta prejudique a criatividade arquitetónica necessária.
3. **Ciência Urbana e Cidades para o Futuro.** A mitigação das Alterações Climáticas e a descarbonização da economia tem particular importância nas áreas urbanas enquanto grandes consumidores de energia e emissoras de gases com efeitos de estufa e na expansão urbana e seus efeitos de artificialização do solo e depleção de sumidouros de carbono. A gestão eficiente dos recursos naturais, principalmente ao nível de recursos hídricos, a capacidade das cidades em se adaptarem às Alterações Climáticas e a resiliência das mesmas a eventos extremos (em particular a seca), estão interligados à necessidade de implementar soluções integradas com o nexus água-energia-saúde-alimentos. Define-se como prioritário desenvolver e implementar novas soluções tecnológicas capazes de responder a mudanças demográficas, preparar as cidades para novas formas de mobilidade e introduzir medidas de adaptação às Alterações Climáticas, ao uso circular de energia e utilização e gestão de recursos em geral. Reconhece-se, igualmente, que a estrutura física da cidade deve permitir o aumento da sua resiliência e flexibilidade. Exemplos de ações de I&I incluem novos conceitos de ordenamento e planeamento do espaço urbano - territórios inteligentes e circulares. Por um lado, para que os processos nas cidades possam ser otimizados com o espaço (limitado) disponível, e por outro lado, para que o uso desse espaço possa ser mais intensivo e assuma um carácter multifacetado. Como questões de I&I na interface cidades-economia circular- Alterações Climáticas, destacam-se: (a) como utilizar as “soluções

baseadas na natureza”, como adaptação às Alterações Climáticas e contributo para a economia? (b) aplicações e inovação para territórios inteligentes e circulares; (c) criação de modelos de negócio, comportamento e consumo que aumentem a adaptabilidade e resiliência face às Alterações Climáticas e melhoria da qualidade de vida.

4. **Cultura e Património.** As Alterações Climáticas são um dos muitos desafios que a preservação do património cultural enfrenta atualmente. Uma das principais oportunidades para a inovação identificadas nesta Agenda é a avaliação e prevenção de riscos com vista à proteção do património cultural dos efeitos de desastres naturais e ameaças causadas pela ação humana, incluindo as Alterações Climáticas. Foi por isso identificada como área estratégica para a I&I até 2030 a “Sustentabilidade e ambientes em mudança”. Devem ser identificadas zonas do território de atuação prioritária para a proteção do património devido à sua suscetibilidade a pressões como as Alterações Climáticas, entre outras, e por outro lado desenvolver objetos e objetivos de investigação, ferramentas e métodos inovadores que acompanhem as mudanças do território e da sociedade. Em simultâneo, a educação cultural, deve promover a coesão, unidade, a integração dos migrantes, a participação política, a compreensão mútua, e a criatividade.
5. **Economia Circular.** As Alterações Climáticas são consideradas uma externalidade de economia linear actual, na medida em que cerca de 67% das emissões de GEE estão relacionadas com a gestão de materiais. Assim, as medidas estabelecidas por políticas e estratégias nacionais concebidas para fazer face às Alterações Climáticas serão baseadas nos pilares da Economia Circular. Neste contexto, é indispensável o estímulo à I&I de tecnologias, práticas, produtos e serviços de baixo carbono que contribuam para a mitigação e adaptação às Alterações Climáticas, promovendo sobretudo aecoinovação, conjugando com a aposta em recursos energéticos renováveis endógenos e a eficiência energética. As questões principais de investigação que ilustram a ligação entre Alterações Climáticas e Economia Circular identificam-se como: (a) por um lado, quais os efeitos do aumento de temperatura global nos processos de gestão/valorização de recursos, em particular, daqueles mais sensíveis à temperatura? (b) e por outro, como promover a reorganização dos sistemas industriais para aproveitamento sistemático de materiais, água e energia residuais, tendo em conta os aspetos tecnológicos, económicos, culturais, jurídicos, de governação e ambientais, nomeadamente reduzindo o seu efeito nas Alterações Climáticas?
6. **Na interface das temáticas AC-Economia Circular-Agroalimentar, Florestas e Biodiversidade,** é fundamental valorizar o reaproveitamento de espaços florestais e/ou agrícolas atualmente em abandono, para produção florestal ou silvestre, ou para produção agrícola biológica sustentável, por forma a gerar emprego, fixar populações e reduzir a possibilidade de incêndios, isto é, para aumentar a circularidade e a resiliência face às Alterações Climáticas dos territórios mais desfavorecidos do país. Este objetivo depende da transferência de conhecimento e de capacitação das entidades públicas e privadas no quadro das Alterações Climáticas e Economia Circular, nos vários níveis territoriais e setores de atividade. É igualmente importante analisar o papel de eco inovação (por exemplo, bio produtos substitutos dos derivados do petróleo e com base em recursos endógenos e locais) que aumentem a adaptabilidade e resiliência face às Alterações Climáticas.

7. **Espaço e Observação da Terra:** A Agenda do Espaço cruza-se com o domínio das Alterações Climáticas nas áreas de I&I da Observação da Terra, como por exemplo na deteção remota de alterações da atmosfera, contribuindo para o aprofundar do conhecimento das interações Oceano/Atmosfera; no âmbito do ordenamento do território, com a produção de informação geográfica via imagens de satélite, essenciais no mapeamento da ocupação e uso do solo, no âmbito dos setores como a agricultura, a floresta, e a gestão de desastres causados pelas Alterações Climáticas. A I&I no tema do Espaço é crítica para a produção de informação que vai alimentar modelos de adaptação às Alterações Climáticas, nomeadamente na necessidade crescente de conhecimento e sensibilidade ao tipo de riscos (a sua tendência, prospetiva, localização, impacto, monitorização e alerta), assim como na monitorização da qualidade do ar e das águas do mar, bem como na deteção de oscilações na biomassa de fitoplâncton e o seu papel no ciclo do carbono. Na mitigação às Alterações Climáticas a tecnologia espacial pode contribuir para o desenvolvimento de plataformas de energias renováveis.
8. **Inclusão Social e Cidadania:** As Alterações Climáticas foram identificadas nesta Agenda como um desafio para a I&I em dois contextos diferentes: a) no âmbito da educação para a Cidadania, a sensibilização para questões ligadas ao desenvolvimento sustentável e as Alterações Climáticas, e também sobre questões de paz e segurança; b) como um factor de pressão adicional sobre os ecossistemas/aglomerados urbanos, contribuindo, tal como o envelhecimento das populações e os fluxos migratórios (incluindo os refugiados climáticos), para o agravamento das condições de vida das populações mais vulneráveis e das desigualdades entre territórios. É pois necessário que a I&I produza respostas que promovam a inclusão e mitiguem as desigualdades em face desses múltiplos desafios demográficos e ambientais.
9. **Indústria e Manufatura:** As Alterações Climáticas impactam a área da Indústria e Manufatura, nomeadamente na otimização de desempenho e uso eficiente dos recursos, ou o desenvolvimento de cadeias de valor sustentáveis. Outros desafios principais são a digitalização, a responsabilidade social e ética, as modificações demográficas e a competição pelos recursos naturais. Os dois últimos têm uma tendência particular de serem agravados pelas Alterações Climáticas, salientando o impacto das migrações, tal como a alteração da distribuição geográfica de recursos essenciais, sendo o caso mais gravoso o da água. Uma área prioritária de I&I intimamente relacionada com a temática da Ação Climática e a Sustentabilidade é a transição para uma gestão circular e integrada de recursos, ou seja, a reutilização e valorização dos recursos (energia, água, matérias-primas e resíduos) nos processos industriais. Esta área inclui, por exemplo, o reaproveitamento de matérias-primas e materiais resultantes de desperdícios do próprio processo industrial ou de outros; sistemas altamente eficientes de geração, armazenamento e reaproveitamento de energia gerada; a utilização de matérias-primas renováveis (biomassa, lixo, CO₂ proveniente de fontes industriais); a recuperação de energia e utilização de carbono; a reciclagem química/novos processos catalíticos, reciclagem mecânica, e a reutilização dos produtos; e ainda novos e melhorados ciclos processuais para reaproveitamento de água ou que permitam a minimização de utilização de água no seu processo de fabrico. Outra prioridade assinalada nesta Agenda relacionada com a resposta às Alterações Climáticas é o desenvolvimento de ferramentas de apoio à decisão na avaliação de sistemas integrados de economia circular,

segundo os princípios de Sustentabilidade (económicos, ambientais e sociais). Em paralelo, aposta se na evolução da legislação ambiental para suportar o reaproveitamento dos recursos (matérias primas), resíduos e subprodutos, na aplicação ampla de circularidade quer no fluxo de materiais, quer de energia.

10. **Mar.** Na Agenda temática sobre o Mar, a Adaptação às Alterações Climáticas é identificada como uma das 3 áreas estratégicas de I&I para 2030. Os impactos das Alterações Climáticas nos oceanos exigem um conhecimento mais aprofundado dos ecossistemas marinhos, nomeadamente da variabilidade e tendências futuras das características essenciais do oceano e dos seus forçamentos atmosféricos, e que terão repercussões diretas na produtividade do oceano. Paralelamente deverão ser estudadas as implicações das Alterações Climáticas ao nível dos serviços dos ecossistemas e, conseqüentemente, sobre o bem-estar das populações costeiras e da sociedade em geral. Assim, salienta-se a importância da I&I para desenvolver e operacionalizar sistemas integrados de observação (*in situ* e remota), e de aviso precoce multiriscos (por exemplo, tempestades, inundações, maremotos (tsunamis), erosão costeira e florescimentos (*blooms*) de espécies tóxicas ou invasoras). Por fim, um dos desafios na interface oceanos e Alterações Climáticas para 2030 está relacionado com as energias renováveis: apostar no aproveitamento das energias das ondas e eólica em mar aberto.
11. **Saúde, Investigação Clínica e de Translação.** Devem ser destacadas a uma série de questões relacionadas com saúde pública e Alterações Climáticas, tais como a epidemiologia de doenças propagadas por vetores transmissores de doenças (Dengue, Malária, Zika e Febre Amarela). A qualidade do ar e da água é também afetada pelas Alterações Climáticas com o concomitante aumento de doenças respiratórias e cardiovasculares, bem como surtos de cólera e de campilobacteriose, respetivamente. Outro aspeto a realçar é o impacto sobre a qualidade dos alimentos. Para além de patologias desencadeadas por fatores bióticos, acresce também o impacto das ondas de calor e vagas de frio nas taxas de mortalidade. Deste modo a Agenda da Saúde interceta com a Agenda das Alterações Climáticas em questões como a identificação de grupos e risco, de práticas socioculturais e de contextos organizacionais, bem como sobre quais os recursos necessários para o combate e resposta a ameaças sobre a saúde humana derivadas da ação das Alterações Climáticas. Um exemplo é a capacitação de instituições e profissionais de saúde a surtos de doenças transmitidas por vetores.
12. **Sistemas Sustentáveis de Energia.** A crise climática tem uma origem energética, e foi proporcionada pelo advento da revolução industrial responsável pela atual dependência em combustível fóssil. A Agenda da Energia vem precisamente comunicar com a da Agenda das Alterações Climáticas nas questões de I&I que abrem caminho para uma transição energética no sentido das energias renováveis (energia hídrica, eólica, solar, ondas), com uma meta assumida de 80% em 2030. Na prossecução deste objetivo há diversas questões a atender pela I&I, como por exemplo: a manutenção dos padrões de segurança de abastecimento e a controlabilidade e a “despachabilidade” da eletricidade produzida por renováveis. O recente e intenso crescimento das fontes renováveis variáveis no tempo (VRE - *Variable Renewable Energy*) e a sua participação no mix elétrico, coloca questões importantes no planeamento do sistema elétrico e na própria segurança de operação deste, isto porque as fontes VRE não oferecem *per se* garantia de potência. É também necessário

explorar as potencialidades da gestão da procura de energia, através de ações para a suficiência energética, assim como gerir e moldar o perfil da procura para que mais facilmente se possa fazer o encontro entre a oferta e a procura energética. Trata-se não só de garantir um sistema mais eficiente e sem desperdícios, mas também de maximizar o potencial quer das tecnologias renováveis já instaladas quer dos investimentos futuros. Sendo assim, procura-se otimizar para um curto espaço de tempo, o objetivo de 100 % renováveis ou mesmo de zero emissões de gases com efeito de estufa para o ambiente.

13. **Turismo, Lazer e Hospitalidade.** A Agenda do Turismo aborda a questão das Alterações Climáticas nos domínios da Sustentabilidade e dos Territórios, e da necessidade de investigação sobre temas como ética, responsabilidade social, novos valores sociais, modelização da procura associados a destinos sustentáveis. As estratégias para abordar os custos ambientais das Alterações Climáticas são um exemplo de interesse público, presentes na I&I em turismo. É claramente identificado como uma área estratégica de investigação até 2030 as Alterações Climáticas e os restantes riscos naturais, tecnológicos e sociais associados ao turismo.

REFERÊNCIAS

- Abrantes Fátima, Teresa Rodrigues, Marta Rufino, Emília Salgueiro, Dulce Oliveira, Sandra Gomes, Paulo Oliveira, Ana Costa, Mário Mil-Homens, Teresa Drago, and Filipa Naughton. 2017. "The climate of the Common Era off the Iberian Peninsula." *Climate of the Past* 13: 1901–1918. <https://doi.org/10.5194/cp-13-1901-2017>.
- Adger, W. Neil, Jon Barnett, Katrina Brown, Nadine Marshall, and Karen O'Brien. 2012. "Cultural Dimensions of Climate Change Impacts and Adaptation." *Nature Climate Change* 3: 112–117. <https://doi.org/10.1038/nclimate1666>.
- Agência Portuguesa do Ambiente (APA). 2012. "Roteiro Nacional de Baixo Carbono 2050." *Alterações Climáticas*, 122.
- Aguiar, Francisca C, Julia Bentz, João M. N. Silva, Ana L. Fonseca, Rob Swart, Filipe Duarte Santos, and Gil Penha-Lopes. 2018. "Adaptation to Climate Change at Local Level in Europe: An Overview." *Environmental Science & Policy* 86: 38–63. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.04.010>.
- Aldunce, Paulina, Ruth Beilin, Mark Howden, and John Handmer. 2015. "Resilience for Disaster Risk Management in a Changing Climate: Practitioners' Frames and Practices." *Global Environmental Change* 30: 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.10.010>.
- Andrew C. Scott, David M. J. S. Bowman, William J. Bond, Stephen J. Pyne, Martin E. Alexander. 2014. "Fire on Earth: An Introduction." Hoboken (New Jersey): Wiley-Blackwell.
- Areia Neide P., Diego Intrigliolo, Alexandre tavares, José Manuel Mendes, Mário D. Sequeira. 2019. "The role of media between expert and lay knowledge: A study of Iberian media coverage on climate change." *Science of The Total Environment* 682: 291–300. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.191>.
- Auld, Graeme, Alexandra Mallett, Bozica Burlica, Francis Nolan-Poupart, and Robert Slater. 2014. "Evaluating the Effects of Policy Innovations: Lessons from a Systematic Review of Policies Promoting Low-Carbon Technology." *Global Environmental Change* 29: 444–458. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.03.002>.
- Barton, E. D., Field, D. B., and Roy, C. 2013. "Canary current upwelling: More or less?" *Progress in Oceanography* 116: 167–178. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2013.07.007>.
- Birkmann, Joern, Susan L Cutter, Dale S Rothman, Torsten Welle, Matthias Garschagen, Bas van Ruijven, Brian O'Neill, et al. 2015. "Scenarios for Vulnerability: Opportunities and Constraints in the Context of Climate Change and Disaster Risk." *Climatic Change* 133(1): 53–68. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0913-2>.
- Bonney, Rick, Jennifer L Shirk, Tina B Phillips, Andrea Wiggins, Heidi L Ballard, Abraham J Miller-Rushing, and Julia K Parrish. 2014. "Next Steps for Citizen Science." *Science* 343(6178): 1436–1437. <https://doi.org/10.1126/science.1251554>.

- Branco, Manuela, Maria-Rosa Paiva, Helena Maria Santos, Christian Burban, and Carole Kerdelhué. 2017. "Experimental Evidence for Heritable Reproductive Time in 2 Allochronic Populations of Pine Processionary Moth." *Insect Science* 24(2): 325–335. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12287>.
- Broadbent, Jeffrey, John Sonnett, Iosef Botetzagias, Marcus Carson, Anabela Carvalho, Yu-Ju Chien, Christopher Edling, et al. 2016. "Conflicting Climate Change Frames in a Global Field of Media Discourse." *Socius* 2: 1–17. <https://doi.org/10.1177/2378023116670660>.
- Campos, Inês, João Guerra, José Ferreira Gomes, Luísa Schmidt, Filipe Alves, André Vizinho, and Gil Penha Lopes. 2017. "Understanding Climate Change Policy and Action in Portuguese Municipalities: A Survey." *Land Use Policy* 62: 68–78. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.12.015>.
- Campos, Inês, Kiat Ng, Gil Penha-Lopes, Anders B Pedersen, Alessio Capriolo, Marta Olazabal, Volker Meyer, et al. 2018. "Chapter 3 - The Diversity of Adaptation in a Multilevel Governance Setting." In, Hans Sanderson, Mikael Hildén, Duncan Russel, Gil Penha-Lopes, and Alessio Capriolo (Eds). *Adapting to Climate Change in Europe. Exploring Sustainable Pathways - from Local Measures to Wider Policies*, 49–172. Elsevier: Amsterdam. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-849887-3.00003-4>.
- Campos, Inês, André Vizinho, Carlos Coelho, Fátima Alves, Mónica Truninger, Carla Pereira, Filipe Duarte Santos, and Gil Penha Lopes. 2016. "Participation, Scenarios and Pathways in Long-Term Planning for Climate Change Adaptation." *Planning Theory and Practice* 17(4): 537–56. <https://doi.org/10.1080/14649357.2016.1215511>.
- Campos, Inês, Filipe M Alves, João Dinis, Monica Truninger, André Vizinho, and Gil Penha-Lopes. n.d. "Climate Adaptation, Transitions, and Socially Innovative Action-Research Approaches." *Ecology and Society* 21(1):13. <https://doi.org/10.5751/ES-08059-210113>.
- Carvalho, Anabela. 2011. "As Alterações Climáticas, Os Media e Os Cidadãos". *Comunicação e Sociedade* 25. Grácio Editor.
- Carvalho, Anabela, Luísa Schmidt, Filipe Duarte Santos, and Ana Delicado. 2014. "Climate Change Research and Policy in Portugal." *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 5(2): 199–217. <https://doi.org/10.1002/wcc.258>.
- Carvalho, Anabela, Pinto-Coelho, Zara, and Eunice Seixas. 2016. "Listening to the Public – Enacting Power: Citizen Access, Standing and Influence in Public Participation Discourses." *Journal of Environmental Policy & Planning* 21(5): 563-576. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2016.1149772>.
- Carvalho, Anabela, Margit van Wessel, and Pieter Maesele. 2017. "Communication Practices and Political Engagement with Climate Change: A Research Agenda" *Environmental Communication* 11 (1): 122–35. <https://doi.org/10.1080/17524032.2016.1241815>.
- Carvalho, Anabela, Zara Pinto-Coelho, and Eunice Seixas. 2016. "Listening to the Public – Enacting Power: Citizen Access, Standing and Influence in Public Participation Discourses." *Journal of Environmental Policy & Planning* 21 (5): 563-576. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2016.1149772>.

Cerasoli, Sofia, Filipe Costa e Silva, and João M N Silva. 2016. "Temporal Dynamics of Spectral Bioindicators Evidence Biological and Ecological Differences among Functional Types in a Cork Oak Open Woodland." *International Journal of Biometeorology* 60 (6): 813–825. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1075-x>.

Correia, H António, H Maria Almeida, Manuela Branco, Margarida Tomé, Rebeca Cordero Montoya, Luisa Di Lucchio, Alejandro Cantero, et al. 2018. "Early Survival and Growth Plasticity of 33 Species Planted in 38 Arboreta across the European Atlantic Area." *Forests* 9(10):630. <https://doi.org/10.3390/f9100630>.

Costa-e-Silva, Filipe, Alexandra C Correia, Arndt Piayda, Maren Dubbert, Corinna Rebmann, Matthias Cuntz, Christiane Werner, Jorge Soares David, and João Santos Pereira. 2015. "Effects of an Extremely Dry Winter on Net Ecosystem Carbon Exchange and Tree Phenology at a Cork Oak Woodland." *Agricultural and Forest Meteorology* 204: 48–57. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.01.017>.

Chassignet, E. P., Harley E. Hurlburt, E. Joseph Metzger, Ole Martin Smedstad, James A. Cummings, et al. 2007. "US GODAE: Global Ocean Prediction with the HYbrid Coordinate Ocean Model (HYCOM)." *Oceanography* 22 (2): 64 - 75. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2009.39>.

Eisenack, Klaus, Susanne C Moser, Esther Hoffmann, Richard J T Klein, Christoph Oberlack, Anna Pechan, Maja Rotter, and Catrien J A M Termeer. 2014. "Explaining and Overcoming Barriers to Climate Change Adaptation." *Nature Climate Change* 4: 867-872. <https://doi.org/10.1038/nclimate2350>.

European Environment Agency. 2018. "Sharing Adaptation Information across Europe." EEA Report No 03/2018. ISSN 1977-8449. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

FAO. 2014. "The Water-Energy-Food Nexus. A new approach in support of food security and sustainable agriculture." Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 20p. <http://www.fao.org/3/a-bl496e.pdf>

Fernandes-Jesus, Maria, Anabela Carvalho, Lúcia Fernandes, and Sofia Bento. 2017. "Community Engagement in the Transition Movement: Views and Practices in Portuguese Initiatives." *Local Environment* 22 (12): 1546–1562. <https://doi.org/10.1080/13549839.2017.1379477>.

Ferreira, Óscar, João A. Dias and Rui Taborda. 2008. "Implications of Sea-Level Rise for Continental Portugal." *Journal of Coastal Research* 24 (2): 317-324. www.jstor.org/stable/30137838.

Forzieri, Giovanni, Alessandra Bianchi, Filipe Batista e Silva, Mario A. Marin Herrera, Antoine Leblois, Carlo Lavallo, Jeroen C J H Aerts, and Luc Feyen. 2018. "Escalating Impacts of Climate Extremes on Critical Infrastructures in Europe." *Global Environmental Change* 48: 97–107. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.007>.

Freire, Paula, Alexandre O Tavares, Luís Sá, Anabela Oliveira, André B Fortunato, Pedro P dos Santos, Ana Rilo, et al. 2016. "A Local-Scale Approach to Estuarine Flood Risk Management." *Natural Hazards* 84 (3): 1705–39. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2510-y>.

Freitas, Joana Gaspar de, Maria Rosário Bastos, and João Alveirinho Dias. 2018. "Traditional Ecological Knowledge as a Contribution to Climate Change Mitigation and Adaptation: The Case of the Portuguese Coastal Populations." In, Walter Leal Filho, Evangelos Manolas, Anabela Marisa Azul, Ulisses M Azeiteiro, and Henry McGhie (Eds). *Handbook of Climate Change Communication*, 257–269. Springer. Berlim. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70479-1_16.

Giorgi, F. 2006. "Climate Change Hot-Spots." *Geophysical Research Letters* 33 (8): 1–4. <https://doi.org/10.1029/2006GL025734>.

Halpern, B. S., Longo, C., Hardy, D., McLeod, K. L., Samhouri, J. F., Katona, S. K., et al. 2012. "An index to assess the health and benefits of the global ocean." *Nature* 488: 615–620. <https://doi.org/10.1038/nature11397>.

Hildén, Mikael, Andrew Jordan, and Tim Rayner. 2014. "Climate Policy Innovation: Developing an Evaluation Perspective." *Environmental Politics* 23(5): 884–905. <https://doi.org/10.1080/09644016.2014.924205>

Horta, Ana and Anabela Carvalho. 2017. "Climate Change Communication in Portugal." In *Oxford Research Encyclopedia of Climate Science*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.599>.

Horta, Ana, Anabela Carvalho, and Luísa Schmidt. 2017. "The Hegemony of Global Politics: News Coverage of Climate Change in a Small Country." *Society & Natural Resources* 30 (10): 1246–60. <https://doi.org/10.1080/08941920.2017.1295497>.

Hunt, Alistair, and Paul Watkiss. 2011. "Climate Change Impacts and Adaptation in Cities: A Review of the Literature." *Climatic Change* 104 (1): 13–49. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9975-6>

IPCC. 2012. Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (Eds.). Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Shaftesbury Road, Cambridge CB2 8RU ENGLAND, 582 pp.

Jenelius, Erik, and Lars-Göran Mattsson. 2012. "Road Network Vulnerability Analysis of Area-Covering Disruptions: A Grid-Based Approach with Case Study." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 46 (5): 746–760. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.02.003>.

Jordan, Andrew, and Tim Rayner. 2014. "Climate Policy Innovation: Developing an Evaluation Perspective AU - Hildén, Mikael." *Environmental Politics* 23 (5): 884–905. <https://doi.org/10.1080/09644016.2014.924205>.

JPI Climate. 2011. Strategic Research Agenda for the Joint Programming Initiative 'Connecting Climate Knowledge for Europe'. JPI Climate. http://www.jpi-climate.eu/media/default.aspx/emma/org/10826597/JPICLIMATE_Strategic_Research_Agenda-adopted_111109.pdf

Klinke, Andreas and Renn Ortwin. 2012. "Adaptive and Integrative Governance on Risk and Uncertainty." *Journal of Risk Research* 15 (3): 273–92. <https://doi.org/10.1080/13669877.2011.636838>.

Lam, V. W. Y., Cheung, W. W. L., Reygondeau, G., and Sumaila, U. R. 2016. Projected change in global fisheries revenues under climate change. *Scientific Reports* 6, Article number: 32607. <http://doi.org/10.1038/srep32607>

Linden, Sander van der, Edward Maibach, and Anthony Leiserowitz. 2015. "Improving Public Engagement With Climate Change: Five 'Best Practice' Insights From Psychological Science." *Perspectives on Psychological Science* 10 (6): 758–763. <https://doi.org/10.1177/1745691615598516>.

Lindner, Marcus, Michael Maroschek, Sigrid Netherer, Antoine Kremer, Anna Barbati, Jordi Garcia-Gonzalo, Rupert Seidl, et al. 2010. "Climate Change Impacts, Adaptive Capacity, and Vulnerability of European Forest Ecosystems." *Forest Ecology and Management* 259 (4): 698–709. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.023>.

Lemos, R. T., and Pires, H. O. 2004. "The Upwelling Regime off the West Portuguese Coast, 1941-2000." *International Journal of Climatology* 24 (4): 511–524. <https://doi.org/10.1002/joc.1009>

McCallum, Ian, Wei Liu, Linda See, Reinhard Mechler, Adriana Keating, Stefan Hochrainer-Stigler, Junko Mochizuki, et al. 2016. "Technologies to Support Community Flood Disaster Risk Reduction." *International Journal of Disaster Risk Science* 7 (2): 198–204. <https://doi.org/10.1007/s13753-016-0086-5>.

Measham, Thomas G, Benjamin L Preston, Timothy F Smith, Cassandra Brooke, Russell Gorddard, Geoff Withycombe, and Craig Morrison. 2011. "Adapting to Climate Change through Local Municipal Planning: Barriers and Challenges." *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 16 (8): 889–909. <https://doi.org/10.1007/s11027-011-9301-2>.

Moore, Frances C, and David B Lobell. 2014. "Adaptation Potential of European Agriculture in Response to Climate Change." *Nature Climate Change* 4: 610–614 <https://doi.org/10.1038/nclimate2228>.

Moser, Susanne C, and Julia A Ekstrom. 2010. "A Framework to Diagnose Barriers to Climate Change Adaptation." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (51) 22026-22031. <https://doi.org/10.1073/pnas.1007887107>.

Mourato, João, Luísa Schmidt, João Ferrão, and Alexandra Bussler. 2018. "Reframing Adaptation to Climate Change in Portugal: The Case of ClimAdaPT.Local." In Delicado, A., Domingos, N., Sousa, L. de (Eds.), *Changing societies: legacies and challenges*. Vol. 3. *The diverse worlds of sustainability*, 153-177. Lisbon: Imprensa de Ciências Sociais. <https://doi.org/10.31447/ics9789726715054.06>.

Naughton, F. et al. 2019. "Coupled ocean and atmospheric changes during Greenland stadial 1 in southwestern Europe." *Quaternary Science Reviews* 212: 108-120 [doi:https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.03.033](https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.03.033).

New Climate Economy. 2018. "Unlocking the Inclusive Growth Story of the 21st Century: Accelerating Climate Action in Urgent Times." World Resources Institute. Washington, USA. <https://newclimateeconomy.report/>

Oliveira, Liliana, and Anabela Carvalho. 2017. "Comportamentos e Perceções Acerca da Participação Pública em Ciência e Tecnologia e nas Alterações Climáticas: os casos de Portugal e Espanha." *Desenvolvimento e Meio Ambiente* 40: 163–88. <https://doi.org/10.5380/dma.v40i0.49067>.

Oliveira, D., Desprat, S., Yin, Q., Naughton, F., Trigo, R., Rodrigues, T., Abrantes, F., Sánchez Goñi, M.F. 2017. "Unraveling the forcings controlling the vegetation and climate of the best orbital analogues for the present interglacial in SW Europe." *Climate Dynamics* 51(1–2): 667–686. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3948-7>

O’Riordan, Timothy, Gomes, Carla, and Luísa Schmidt. 2014. "The Difficulties of Designing Future Coastlines in the Face of Climate Change." *Landscape Research* 39 (6): 613–30. <https://doi.org/10.1080/01426397.2014.975108>.

Park, Chang-Eui, Su-Jong Jeong, Manoj Joshi, Timothy Osborn, Chang-Hoi Ho, Shilong Piao, Deliang Chen, et al. 2018. "Keeping Global Warming within 1.5°C Constrains Emergence of Aridification." *Nature Climate Change* 8: 70–74. <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0034-4>.

Pauly, D., and Zeller, D. 2015. "Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining." *Nature Communications* 7(1): 1–9. <https://doi.org/10.1038/ncomms10244>

Pecl, Gretta T, Miguel B Araújo, Johann D Bell, Julia Blanchard, Timothy C Bonebrake, I-Ching Chen, Timothy D Clark, et al. 2017. "Biodiversity Redistribution under Climate Change: Impacts on Ecosystems and Human Well-Being." *Science* 355 (6332): eaai9214. <https://doi.org/10.1126/science.aai9214>

Pereira, Alfredo M, Rui M Pereira, and Pedro G Rodrigues. 2016. "A New Carbon Tax in Portugal: A Missed Opportunity to Achieve the Triple Dividend?" *Energy Policy* 93: 110–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.03.002>

Pérez, F. F., Padín, X. A., Pazos, Y., Gilcoto, M., Cabanas, M., Pardo, P. C., et al. 2010. "Plankton response to weakening of the Iberian coastal upwelling." *Global Change Biology* 16(4): 1258–1267. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02125.x>

Pires, A. C., Nolasco, R., Rocha, A., Ramos, A. M., and Dubert, J. 2015. "Climate change in the Iberian Upwelling System: a numerical study using GCM downscaling." *Climate Dynamics* 47 (1–2): 451–464. <https://doi.org/10.1007/s00382-015-2848-y>

Rauken, Trude, Mydske, Per Kristen, and Marte Winsvold. 2015. "Mainstreaming Climate Change Adaptation at the Local Level." *Local Environment* 20 (4): 408–423. <https://doi.org/10.1080/13549839.2014.880412>.

Rauken, Trude, Per Kristen Mydske, and Marte Winsvold. 2015. "Mainstreaming Climate Change Adaptation at the Local Level." *Local Environment* 20 (4): 408–23. <https://doi.org/10.1080/13549839.2014.880412>.

Regmi, Bimal Raj, Cassandra Star, and Walter Leal Filho. 2016. "An Overview of the Opportunities and Challenges of Promoting Climate Change Adaptation at the Local Level: A Case Study from a

Community Adaptation Planning in Nepal.” *Climatic Change* 138 (3–4): 537–50.
<https://doi.org/10.1007/s10584-016-1765-3>.

Rockström, Johan, Will Steffen, Kevin Noone, Åsa Persson, F Stuart Chapin III, Eric F Lambin, Timothy M Lenton, et al. 2009. “A Safe Operating Space for Humanity.” *Nature* 461: 472–475.
<https://doi.org/10.1038/461472a>.

Ryan, Michael G. 2011. “Tree Responses to Drought.” *Tree Physiology* 31 (3): 237–39.
<https://doi.org/10.1093/treephys/tpr022>.

Sampaio, Teresa, Manuela Branco, Erwan Guichoux, Rémy J Petit, João S Pereira, Maria C Varela, and Maria H Almeida. 2016. “Does the Geography of Cork Oak Origin Influence Budburst and Leaf Pest Damage?” *Forest Ecology and Management* 373: 33–43.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.04.019>.

Santos, F. D.; Miranda, P. 2006. “Alterações Climáticas Em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação”. Projecto SIAM II - 1ª edição. Gradiva Publicações, 506p.

Schmidt, L., Delicado, A. 2014. “Alterações climáticas na opinião pública.” In Schmidt, L. & Delicado, A. (Eds.), *Ambiente, alterações climáticas, alimentação e energia: a opinião dos portugueses*, 113-143. Lisboa: Imprensa de Ciências Sociais

Schmidt, Luísa, Carla Gomes, Susana Guerreiro, and Tim O’Riordan. 2014. “Are We All on the Same Boat? The Challenge of Adaptation Facing Portuguese Coastal Communities: Risk Perception, Trust-Building and Genuine Participation.” *Land Use Policy* 38: 355–65.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.11.008>.

Schmidt, Luisa, Delicado, Ana e Fonseca, Susana. 2016. “World Wide Views. Consulta Pública sobre Energia e Clima: A opinião dos portugueses.” Policy Brief 2015. Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa. Observa. Lisboa .

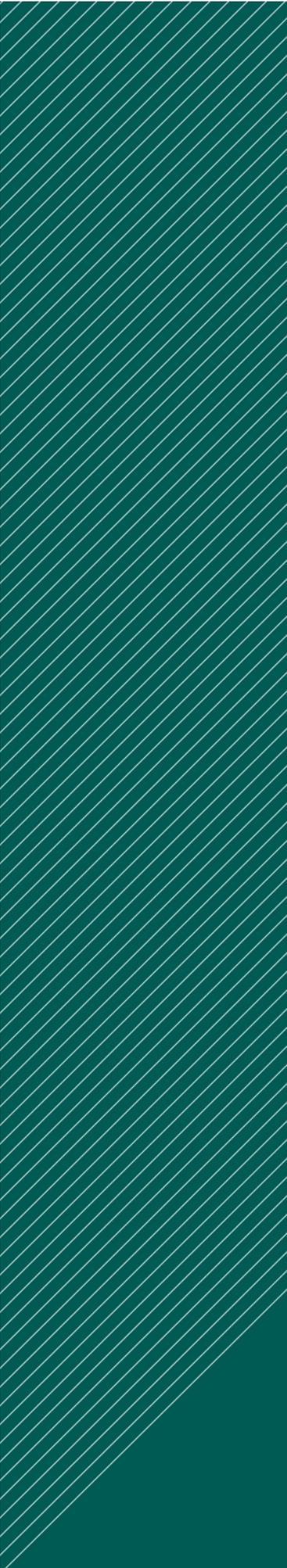
Schmidt L., Alves A.F., Valente S., Mourato J.M. 2018. “Outlining Community Perceptions of Climate Change in Local Adaptation Strategies Development: The Case of ClimAdaPT.Local.” In Alves F., Leal Filho W., Azeiteiro U. (Eds). *Theory and Practice of Climate Adaptation. Climate Change Management*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72874-2_13

Schmidt, L., and Guerra, J. 2018. “Sustainability: dynamics, pitfalls and transitions.” in Delicado, A. et. al. 2018. *Changing Societies: legacies and challenges – the diverse world of sustainability*. Lisboa: ICS-UL.

Stergiopoulos, George, Efstratios Vasilellis, Georgia Lykou, Panayiotis Kotzanikolaou, Dimitris Gritzalis. 2016. “Classification and Comparison of Critical Infrastructure Protection Tools.” In: Rice M., Sheno S. (Eds) *Critical Infrastructure Protection X. ICCIP 2016. IFIP Advances in Information and Communication Technology* 485: 239-255. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48737-3_14.

Stock, C. A., Dunne, J. P., and John, J. G. 2014. “Global-scale carbon and energy flows through the marine planktonic food web: An analysis with a coupled physical–biological model.” *Progress in Oceanography* 120: 1–28. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2013.07.001>

- Stock, C. A., John, J. G., Rykaczewski, R. R., Asch, R. G., Dunne, J. P., Friedland, K. D., et al. 2017. "Reconciling fisheries catch and ocean productivity." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114(8), E1441–E1449. <https://doi.org/10.1073/pnas.1610238114>
- Tavares, A O, J L Barros, J M Mendes, P P Santos, and S Pereira. 2018. "Decennial Comparison of Changes in Social Vulnerability: A Municipal Analysis in Support of Risk Management." *International Journal of Disaster Risk Reduction* 31: 679–90. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.07.009>.
- Theobald, E J, A K Ettinger, H K Burgess, L B DeBey, N R Schmidt, H E Froehlich, C Wagner, et al. 2015. "Global Change and Local Solutions: Tapping the Unrealized Potential of Citizen Science for Biodiversity Research." *Biological Conservation* 181: 236–44. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.10.021>.
- UNISDR. 2015. "Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030." Third World Conference on Disaster Risk Reduction, Sendai, Japan. https://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf
- Van Asselt, Marjolein B.A. and Renn, Ortwin. 2011. "Risk governance." *Journal of Risk Research* 14 (4): 431-449. <https://doi.org/10.1080/13669877.2011.553730>.
- Watts, Nick, W Neil Adger, Paolo Agnolucci, Jason Blackstock, Peter Byass, Wenjia Cai, Sarah Chaytor, et al. 2015. "Health and Climate Change: Policy Responses to Protect Public Health." *The Lancet* 386: 1861–1914. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60854-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60854-6).
- World Economic Forum. 2017. "The Global Risks Report 2017 12th Edition". Insight Report. World Economic Forum. Geneva. <http://wef.ch/risks2017>
- World Economic Forum. 2018. "The Global Risks Report 2019 13th Edition." Insight Report. World Economic Forum. Geneva. <http://wef.ch/risks2018>
- Wulder, Michael A., and Nicholas C. Coops. 2014. "Satellites: Make Earth Observations Open Access." *Nature* 513 (7516): 30–31. <https://doi.org/10.1038/513030a>.
- Zandvoort, Mark, Inês S Campos, André Vizinho, Gil Penha-Lopes, Eliška Krkoška Lorencová, Rutger van der Brugge, Maarten J van der Vlist, Adri van den Brink, and Ad B M Jeuken. 2017. "Adaptation Pathways in Planning for Uncertain Climate Change: Applications in Portugal, the Czech Republic and the Netherlands." *Environmental Science & Policy* 78: 18–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.08.017>.



FUNDAÇÃO PARA A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA

AV. D CARLOS I, 126, 1249-074 LISBOA, PORTUGAL
T. [+351] 213 924 300

WWW.FCT.PT